

Aus dem Institut für Tierernährung, Ernährungsschäden und Diätetik
der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig

Leistungsbedingte und tageszeitliche Einflüsse auf die Herzfrequenz bei Milchkühen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doctor medicinae veterinariae (Dr. med. vet.)
durch die Veterinärmedizinische Fakultät
der Universität Leipzig

eingereicht von
Britta von Buttlar
aus Soltau

Leipzig, 2014

Mit Genehmigung der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig

Dekan: Prof. Dr. Manfred Coenen

Betreuer: Prof. Dr. Manfred Coenen

Gutachter: Prof. Dr. Manfred Coenen, Institut für Tierernährung, Ernährungsschäden und Diätetik, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig

Prof. Dr. Karl-Heinz Südekum, Institut für Tierwissenschaften, Abteilung Tierernährung, Landwirtschaftliche Fakultät, Universität Bonn

Tag der Verteidigung: 04.03.14

Für Gregor, Arndt und Heiner

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Literaturübersicht.....	2
2.1	Energiebewertung bei der Milchkuh: das System der Nettoenergie-Laktation (NEL-System)	2
2.2	Transformation der Nährstoffe in Energie	2
2.3	Sauerstoff, Herzfrequenz und Energie.....	5
2.3.1	Der Grundumsatz	5
2.3.2	Die physiologischen Zusammenhänge zwischen der Herzfrequenz und dem Sauerstoffverbrauch	5
2.3.2.1	Faktoren, die das Schlagvolumen und die arteriovenöse Sauerstoffdifferenz beeinflussen	6
2.3.2.2	Das Verhalten des Sauerstoffpulses bei verschiedenen Bedingungen	6
2.4	Die Nutzung der Herzfrequenz zur Ermittlung des Energieumsatzes mit Hilfe des Sauerstoffverbrauchs bei Menschen und Tierarten außer der Milchkuh	8
2.5	Die Nutzung der Herzfrequenz zur Ermittlung des Energieumsatzes mit Hilfe des Sauerstoffverbrauchs bei der Milchkuh.....	13
2.5.1	Messung der Herzfrequenz	13
2.5.2	Messung des Sauerstoffverbrauchs	13
2.5.3	Berechnung des Energieverbrauchs	14
2.5.4	Ergebnisse dieser Untersuchungen.....	14
2.6	Zusammenfassung: Einsatz der Herzfrequenz-Methode.....	15
2.7	Interne und externe Einflüsse auf die Herzfrequenz bei Rindern	16
2.7.1	Leistung und Reproduktionsstadium	16
2.7.2	Energieaufnahme	17
2.7.3	Umgebungstemperatur	18
2.7.3.1	Einfluss von warmen Umgebungstemperaturen.....	18
2.7.3.2	Einfluss von kalten Umgebungstemperaturen.....	19
3	Material und Methoden.....	20
3.1	Versuchsziel.....	20
3.2	Versuchsbetrieb und Haltung der Tiere	20
3.3	Auswahl und Gruppierung der Tiere	20
3.3.1	Abschnitt A.....	21
3.3.2	Abschnitt B.....	22
3.4	Messung der Herzfrequenz.....	23
3.5	Fütterung der Tiere im Versuchszeitraum.....	24
3.6	Entnahme und Analyse der Futterproben	25

3.6.1	Vorbereitung der Futterproben	26
3.6.2	Bestimmung der Trockensubstanz	26
3.6.3	Bestimmung der Rohasche	26
3.6.4	Bestimmung der organischen Substanz	26
3.6.5	Bestimmung des Rohproteins.....	26
3.6.6	Bestimmung des Rohfetts.....	27
3.6.7	Bestimmung der Rohfaser	27
3.6.8	Bestimmung der stickstofffreien Extraktstoffe.....	27
3.6.9	Zusammenfassung	27
3.7	Grundlagen zur Berechnung von Parametern des Energiehaushaltes.....	29
3.7.1	Berechnung der NEL-Aufnahme und des NEL-Bedarfs pro Kuh.....	29
3.7.2	Berechnung der NEL der Futtermittel	29
3.7.3	Berechnung der ME der Futtermittel.....	29
3.7.4	Berechnung der GE der Futtermittel.....	30
3.8	Berechnung der Aufnahme und des Bedarfs des nutzbaren Rohproteins am Duodenum	31
3.9	Berechnungen zum Sauerstoffverbrauch	31
3.10	Berechnung der Milchmenge in kg FCM.....	31
3.11	Erhebung weiterer Daten während der Messung	32
3.12	Statistische Verfahren.....	33
4	Ergebnisse	35
4.1	Abschnitt A.....	35
4.1.1	Gesundheitszustand	35
4.1.2	Leistung	35
4.1.3	Trockensubstanz-, Energie- und Nährstoffaufnahme	36
4.1.3.1	Futter- bzw. Trockensubstanzaufnahme	36
4.1.3.2	Energieaufnahme und Energiebilanz	37
4.1.3.3	Nährstoffaufnahme (nRp)	39
4.1.4	Körpermasse und Körperkondition	39
4.1.5	Ergebnisse der Herzfrequenz-Messungen	41
4.1.5.1	Tagesverlauf der Herzfrequenz von Einzelkühen.....	41
4.1.5.2	Tagesverlauf der Herzfrequenz der Gruppen A1, A2 und A4.....	42
4.1.5.3	Mittlere Herzfrequenz der Gruppen A1 bis A4.....	44
4.1.5.4	Einzeldarstellung der Herzfrequenz	45
4.1.5.5	Variation der Herzfrequenz um ihren Mittelwert	47
4.1.5.6	Variation der Herzfrequenz an den fünf einzelnen Messtagen.....	48
4.1.5.7	Leistungsmerkmale in Relation zur Herzfrequenz	49

4.2	Abschnitt B	50
4.2.1	Gesundheitszustand	50
4.2.2	Leistung	50
4.2.3	Trockensubstanz-, Energie- und Nährstoffaufnahme	51
4.2.3.1	Futter- bzw. Trockensubstanzaufnahme	51
4.2.3.2	Energieaufnahme und Energiebilanz	52
4.2.3.3	Nährstoffaufnahme (nRp)	54
4.2.4	Entwicklung der Körperkondition während der Laktation.....	55
4.2.5	Ergebnisse der Herzfrequenz-Messungen	56
4.2.5.1	Tagesverlauf der Herzfrequenz der Gruppen B1 bis B6	56
4.2.5.2	Mittlere Herzfrequenz der Gruppen B1 bis B7.....	59
4.2.5.3	Zusammenhang zwischen Herzfrequenz, Körperkondition und Milchleistung	62
4.2.5.4	Leistungsmerkmale in Relation zur Herzfrequenz	63
4.3	Ergebnisse der Wetterdaten	64
4.3.1	Korrelation von Stalltemperatur und relativer Luftfeuchtigkeit zur Herzfrequenz..	64
4.3.2	Darstellung des Tagesverlaufes der Herzfrequenz bei warmer und bei kalter Temperatur	66
4.4	Berechnungen zum Sauerstoffverbrauch	68
4.5	Korrelation der Herzfrequenz zu ausgewählten Parametern	69
4.6	Besonderheiten.....	71
4.7	Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse	71
5	Diskussion.....	72
5.1	Kritik der Methoden.....	72
5.1.1	Auswahl der Versuchstiere	72
5.1.2	Versuchsaufbau.....	72
5.1.3	Fütterung der Tiere	73
5.1.4	Überprüfung der Ration der Kühe anhand der Milchleistungsdaten Fett (%), Eiweiß (%) und Harnstoff (mg)	74
5.1.5	Technik der Herzfrequenzmessung.....	75
5.1.6	Einfluss der Umgebungstemperatur	76
5.1.7	Fazit.....	76
5.2	Diskussion der Ergebnisse	77
5.2.1	Herzfrequenz, Leistung und Sauerstoffverbrauch	77
5.2.2	Die Herzfrequenz in der Trockenstehphase und in der Hochträchtigkeit	79
5.2.3	Bezug zum Energiehaushalt.....	80

5.2.4	Externe und interne Einflüsse auf die Herzfrequenz und ihren Verlauf	82
5.2.5	Abschließende Betrachtung	85
6	Zusammenfassung	86
7	Summary	88
8	Literaturverzeichnis	90
9	Anhang A	99
10	Danksagung	119
	Anhang B (Herzfrequenz-Messungen vom 26.04.10 bis 02.02.12)	120

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Transformation der Nährstoffe aus dem Futter in Energie bei der Milchkuh 4
Abbildung 2:	Lage des Equine RSCX800 Science® Gurt an der Kuh24
Abbildung 3:	Gruppe A1-A4: ME- und NEL-Aufnahme (MJ)37
Abbildung 4:	Gruppe A1-A4: Energiebilanz (MJ NEL).....38
Abbildung 5:	Gruppe A1-A4: Körpermasse der Kühe (kg)39
Abbildung 6:	Gruppe A1-A4: Body Condition Score der Kühe40
Abbildung 7:	Kuh Nr. 94, Gruppe A1: 24 h-Verlauf der Herzfrequenz (Schläge/min)41
Abbildung 8:	Kuh Nr. 36, Gruppe A4: 24 h-Verlauf der Herzfrequenz (Schläge/min)41
Abbildung 9:	Gruppe A1, A2 und A4: 24 h-Profil der Herzfrequenz (Schläge/min)43
Abbildung 10:	Gruppe A1-A4: Mittlere Herzfrequenz (Schläge/min)44
Abbildung 11:	Gruppe A2-A4: Verteilung der Herzfrequenz (Schläge/min) in Abhängigkeit von der Milchleistung (kg FCM).....45
Abbildung 12:	Kühe Nr. 12, 22, 94 und 103, Gruppe A1: 24 h-Verlauf der Herzfrequenz (Schläge/min)47
Abbildung 13:	Gruppe B1-B7: ME- und NEL-Aufnahme (MJ)52
Abbildung 14:	Gruppe B1-B7: Energiebilanz (MJ NEL).....53
Abbildung 15:	Gruppe B1-B7: Body Condition Score der Kühe während der Laktation....55
Abbildung 16:	Gruppe B1-B3: 24 h-Profil der Herzfrequenz (Schläge/min)56
Abbildung 17:	Gruppe B4-B6: 24 h-Profil der Herzfrequenz (Schläge/min)57
Abbildung 18:	Gruppe B1-B6: 24 h-Profil der Herzfrequenz (Schläge/min)58
Abbildung 19:	Gruppe B1-B7: Mittlere Herzfrequenz (Schläge/min)59
Abbildung 20:	Verteilung der Herzfrequenz (Schläge/min) in Abhängigkeit von der Milchleistung (kg FCM) und von dem BCS-Quotienten62
Abbildung 21:	Verteilung der Herzfrequenz (Schläge/min) in Abhängigkeit von der Stalltemperatur (°C).....65
Abbildung 22:	Verteilung der Herzfrequenz (Schläge/min) in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit (%)65
Abbildung 23:	Kuh Nr. 24: Darstellung des mittleren Tagesprofiles vom 07.07.-09.07.11 66
Abbildung 24:	Kuh Nr. 65: Darstellung des mittleren Tagesprofiles vom 29.01.-31.01.12 67
Abbildung 25:	Verteilung der Herzfrequenz (Schläge/min) in Abhängigkeit von der Milchleistung (kg FCM).....69
Abbildung 26:	Verteilung der Herzfrequenz (Schläge/min) in Abhängigkeit von der ME-Aufnahme (MJ)69
Abbildung 27:	Verteilung der Herzfrequenz (Schläge/min) in Abhängigkeit von der Milchleistung (kg FCM), Ergebnisse der Literatur und eigene Ergebnisse.85

Anhang A

Abbildung A-1:	Verteilung der Herzfrequenz (Schläge/min) in Abhängigkeit von den Tagen ante bzw. post partum aus den Daten der Tabelle 4	99
Abbildung A-2:	Verteilung des Sauerstoffverbrauchs ($\text{ml O}_2/\text{kg}^{0,75}\cdot\text{h}$) in Abhängigkeit von der Milchleistung (kg FCM) aus Daten der Tabelle 3	99
Abbildung A-3:	Verteilung der Herzfrequenz (Schläge/min) in Abhängigkeit vom Sauerstoffverbrauch ($\text{ml O}_2/\text{kg}^{0,75}\cdot\text{h}$) aus den Daten der Tabelle 3	100
Abbildung A-4:	Verteilung der Herzfrequenz (Schläge/min) in Abhängigkeit von der Milchleistung (kg FCM) aus den Daten der Tabelle 3	100
Abbildung A-5:	Gegenüberstellung von Milchmenge (kg FCM) und Milchfettgehalt (%) ..	117
Abbildung A-6:	Gegenüberstellung von Milchmenge (kg FCM) und Milcheiweißgehalt (%)	117
Abbildung A-7:	Gegenüberstellung von Harnstoffgehalt (mg/kg) und Eiweißgehalt (%) der Milch	118
Abbildung A-8:	Gegenüberstellung von Milchmenge (kg FCM) und Harnstoffgehalt (mg/kg)	118

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Ergebnisse der Stoffwechselversuche bei Milchkühen der Literatur zur Ermittlung des Teilwirkungsgrades für die Milchbildung und den Fettaufbau	3
Tabelle 2:	Ausgewählte Modelle der Literatur mit Gleichungsparametern a und b zu Modell $y=ax+b$ mit y =Energieumsatz (kJ/h) und x =Herzfrequenz (Schläge/min)	10
Tabelle 3:	Darstellung der Parameter Herzfrequenz (Schläge/min), Sauerstoffpuls (ml $O_2/kg^{0,75}$ *Herzschlag), Sauerstoffverbrauch (ml $O_2/kg^{0,75}$ *h und l/h) und Energieumsatz (kJ/kg ^{0,75} *h und MJ/d) der Milchkuh (Holstein-Friesian) aus Daten der Literatur.....	12
Tabelle 4:	Zeit (d) ante partum bzw. post partum und dazugehörige Herzfrequenz (Schläge/min) in der Literatur	16
Tabelle 5:	Alter (Jahre, Monate), Laktationsnummer, Laktationstag, Milchleistung (kg FCM), Körpermasse (kg) und Body Condition Score der Kühe des Abschnitts A.....	21
Tabelle 6:	Alter zu Messbeginn (Jahre, Monate), Laktationsnummer, Körpermasse (kg) und Milchleistung (kg FCM) der Kühe des Abschnitts B	22
Tabelle 7:	Abschnitt B: Gründe des Ausscheidens von Kühen aus den regelmäßigen Messungen	23
Tabelle 8:	Darstellung des Einsatzes der Grundfuttermittel	25
Tabelle 9:	Rohnährstoffgehalte der verwendeten Futtermittel (% bzw. % TS).....	27
Tabelle 10:	Gruppe A2-A4: Tägliche Milchleistung (kg FCM), Laktationstag und Milchinhaltsstoffe Fett (%), Eiweiß (%) und Harnstoff (mg/kg)	35
Tabelle 11:	Gruppe A1-A4: Trockensubstanzaufnahme der Gesamtration, des Grundfutters und der Konzentrate (kg/d).....	36
Tabelle 12:	Gruppe A1-A4: Nutzbares Rohprotein am Duodenum: Aufnahme, Bedarf und die Differenz aus Aufnahme und Bedarf (g/d)	39
Tabelle 13:	Gruppe A1-A4: Milchleistung (kg FCM) und Parameter der Herzfrequenz, Einzeldarstellung der Kühe.....	46
Tabelle 14:	Gruppe A1-A4: Darstellung der Herzfrequenz (Schläge/min) und dem Quotienten aus Herzfrequenz (Schläge/min) und Milchleistung (kg FCM) aller fünf Messtage, Einzeldarstellung der Kühe	48
Tabelle 15:	Gruppe A1-A4: Quotient aus Herzfrequenz und Milchleistung und Quotient aus Herzfrequenz und ME-Aufnahme	49
Tabelle 16:	Gruppe B1-B7: Laktationstag und Milchleistung (kg FCM)	50

Tabelle 17:	Gruppe B1-B7: Milchinhaltsstoffe Fett (%), Eiweiß (%) und Harnstoff (mg/kg)	51
Tabelle 18:	Gruppe B1-B7: Trockensubstanzaufnahme der Gesamtration, des Grundfutters und der Konzentrate (kg/d).....	51
Tabelle 19:	Gruppe B1-B7: Nutzbares Rohprotein am Duodenum: Aufnahme, Bedarf und die Differenz aus Aufnahme und Bedarf (g/d)	54
Tabelle 20:	Relative Herzfrequenz zur ersten Messung post partum von ausgewählten Kühen des Abschnitts B	60
Tabelle 21:	Mittlere Herzfrequenz (Schläge/min): Teilung der Gruppen B1 bis B7 nach der Laktationsnummer der Kühe	60
Tabelle 22:	Mittlere Herzfrequenz (Schläge/min): Teilung der Gruppen B1 bis B7 in Untergruppen von Kühen mit ausschließlich positiver und ausschließlich negativer Energiebilanz	61
Tabelle 23:	Gruppe B1-B7: Quotient aus Herzfrequenz und Milchleistung und Quotient aus Herzfrequenz und ME-Aufnahme	63
Tabelle 24:	Gruppe A1-A4: Stalltemperatur (°C) und relative Luftfeuchtigkeit (%)	64
Tabelle 25:	Gruppe B1-B7: Stalltemperatur (°C) und relative Luftfeuchtigkeit (%)	64
Tabelle 26:	Vergleich von verschiedenen Parametern der Kuh 24 und der Kuh 65 zur Messung in Abbildung 23 und 24	66
Tabelle 27:	Gruppe B1-B7: Parameter des Sauerstoffverbrauchs, kalkulierte Werte ...	68
Tabelle 28:	Gleichungsparameter a und b, Korrelationskoeffizient r und p-Wert für die Beziehung der Herzfrequenz (Schläge/min) zu ausgewählten Parametern	70
Tabelle 29:	multifaktorielle Beziehung der Herzfrequenz (Schläge/min) als abhängiger Parameter zu ausgewählten Einzelparametern.....	70
Tabelle 30:	Orientierungswerte für die Nutzung der Milchinhaltsstoffe zur Beurteilung der Ration	74
Anhang A		
Tabelle A-1:	Zusammenfassung der Modelle der Literatur, die den Zusammenhang zwischen der Herzfrequenz und dem Sauerstoffverbrauch, dem Energieumsatz, der Stoffwechselrate oder der Wärmeproduktion beschreiben	101
Tabelle A-2:	GE, ME, NEL (MJ), Umsetzbarkeit q der im Versuch verwendeten Futtermittel.....	102
Tabelle A-3:	Ergebnisse der Analyse der Milchleistungsfutter-Mischproben aus dem Boden- und Futtermittellabor der Landwirtschaftlichen Kommunikations- und Service-GmbH Lichtenwalde vom 20.04.12	103

Tabelle A-4:	Gruppe A2-A4: Laktationstag, Milchleistung (kg FCM), Milchinhaltsstoffe	103
Tabelle A-5:	Gruppe A1-A4: Trockensubstanzaufnahme des Grundfutters, der Konzen- trate und der Gesamtration (kg/d), nutzbares Rohprotein am Duodenum: Aufnahme, Bedarf, Differenz aus Aufnahme und Bedarf (g/d)	104
Tabelle A-6:	Gruppe A1-A4: Energieaufnahme (MJ ME, MJ NEL), Energiebedarf (MJ NEL) und Energiebilanz (MJ NEL)	105
Tabelle A-7:	Gruppe B1-B7: Laktationstag, Milchleistung (kg FCM), Milchinhaltsstoffe	105
Tabelle A-8:	Gruppe B1-B7: Trockensubstanzaufnahme des Grundfutters, der Konzen- trate und der Gesamtration (kg/d), nutzbares Rohprotein am Duodenum: Aufnahme, Bedarf, Differenz aus Aufnahme und Bedarf (g/d)	107
Tabelle A-9:	Gruppe B1-B7: Energieaufnahme (MJ ME, MJ NEL), Energiebedarf (MJ NEL) und Energiebilanz (MJ NEL), Darstellung der Einzelkühe	109
Tabelle A-10:	Gruppe B1-B7: Energieaufnahme (MJ ME, MJ NEL), Darstellung der Gruppen.....	111
Tabelle A-11:	Body Condition Score der Kühe des Abschnitts B, Einzeldarstellung	111
Tabelle A-12:	Herzfrequenz (Schläge/min) von ausgewählten Kühen des Abschnitts B	112
Tabelle A-13:	Gruppe A1-A4 und B1-B7: Stalltemperatur (°C), relative Luftfeuchtigkeit (%)	112
Tabelle A-14:	Gruppe B1-B7: Parameter des Sauerstoffverbrauchs, kalkulierte Werte .	114
Tabelle A-15:	Auswertung der besonderen Messtage	116

Abkürzungsverzeichnis

Neben den Abkürzungen für Einheiten des internationalen Einheitensystems und den Symbolen der chemischen Elemente wurden folgende Abkürzungen verwendet:

a.p.	ante partum
ADFom	Säure-Detergentien-Faser
AS	Aminosäuren
ATP	Adenosintriphosphat
BCS	Body Condition Score
BHB	beta-Hydroxybutyrat
BMR	Grundumsatz
bzw.	beziehungsweise
°C	Grad Celcius
ca.	circa
cal	Kalorien
C _{in}	Konzentration der Substanz im eingehenden Medium
C _{out}	Konzentration der Substanz im ausgehenden Medium
d	Tag
DE	verdauliche Energie
EE	Energieumsatz
EKG	Elektrokardiogramm
et al.	et altera
ΔF	Differenz der entsprechenden Gase der ausgeatmeten und der eingeatmeten Luft
FCM	fett- und eiweißkorrigierte Milch (korrigiert auf 4% Fett und 3,4% Eiweiß)
F _r	ausströmender Luftstrom
FS	Fettsäuren
GE	Bruttoenergie
Gr.	Gruppe
h	Stunde
Hb	Hämoglobin
HF	Herzfrequenz
HF 24 h	mittlere Herzfrequenz des Tages
HF min	Minutenwert der Herzfrequenz
HFT	Hohenheimer Futtertest
HMV	Herzminutenvolumen
HP	Wärmeproduktion
KIT	Körperinnentemperatur
k _l	Teilwirkungsgrad für die Laktation
KM	Körpermasse
KM ^{0,75}	metabolische Körpergröße
LE	Energiegehalt von 1 kg fett- und eiweißkorrigierter Milch
ln	Logarithmus
LT	Laktationstag
LTS	lufttrockene Substanz
M	Konzentration der mitgeführten Substanz

Max-Wert	Maximalwert
MD	Median
ME	umsetzbare Energie
min	Minute
Min-Wert	Minimalwert
MLF	Milchleistungsfutter
mnf.	männlich
MR	Stoffwechselrate
MW	Mittelwert
N	Exkretionsrate des Stickstoff
n	Tierzahl
N _c	Stickstoff-Kalibrationsfaktor nach YOUNG et al. (1984)
NE	Nettoenergie
NEB	negative Energiebilanz
NEFA	nicht veresterte Fettsäuren
NEL	Nettoenergie-Laktation
NfE	N-freie Extraktionsstoffe
nRp	nutzbares Rohprotein am Duodenum
ΔO ₂	Sauerstoffdifferenz in % der aus- und eingehenden Luft der Atemmaske
O ₂ art-O ₂ ven	arteriovenöse Sauerstoffdifferenz
O ₂ P	Sauerstoffpuls
oS	organische Substanz
p	Überschreitungswahrscheinlichkeit
p.p.	post partum
PEB	positive Energiebilanz
P _f	Luftdruck
pH	Wasserstoffionenkonzentration
q	Umsetzbarkeit eines Futtermittels
Q25	unteres Quartil
Q75	oberes Quartil
r	Korrelationskoeffizient
r ²	Bestimmtheitsmaß
Ra	Rohasche
Rfa	Rohfaser
Rfe	Rohfett
Rp	Rohprotein
s.	siehe
SD	Standardabweichung
SE	Energieansatz im graviden Uterus
Sojaextr.schrot	Sojaextraktionsschrot
Stdf	Standardfehler
SV	Schlagvolumen
t	Anzahl der Tage nach der Konzeption
T _f	Raumtemperatur
THI	Temperatur-Feuchte-Index
TS	Trockensubstanz
UDP	unabgebautes Futterrohprotein

uS	ursprüngliche Substanz
V	Flussrate
v.a.	vor allem
V_E	Rate der ausgeatmeten Luft
VO_2	Sauerstoffverbrauch
VoS	Verdaulichkeit der organischen Substanz
wbl.	weiblich
z.B.	zum Beispiel

1 Einleitung

Bei Hochleistungskühen ist die genaue Kenntnis über den Energiebedarf von großer Bedeutung, damit eine optimale Leistung, eine hohe Fruchtbarkeit und eine gute Gesundheit der Herde erhalten werden können (MALTZ et al. 2013). Der Energiebedarf einer Milchkuh orientiert sich an ihrer Leistung. Eine 650 kg schwere Kuh mit einer täglichen Milchleistung von 40 kg fett- und eiweißkorrigierter Milch hat einen Energiebedarf von 170 MJ Nettoenergie-Laktation (GFE 2001a). Von dieser geforderten Energie entfallen 78% auf den Bedarf für die Milchleistung und nur 22% auf den Erhaltungsbedarf. Die Energie wird aus den über das Futter aufgenommenen Nährstoffen unter Anwesenheit von Sauerstoff gebildet und über die Blutbahn den Zielgeweben zugeführt. Bei diesem Prozess steht die Herzfrequenz an zentraler Stelle. Sie steht in engem, oft linearem Zusammenhang mit dem Sauerstoffverbrauch und dem Energieumsatz eines Tieres (BUTLER et al. 2004; BROSH 2007a). Diese Beziehung wurde erfolgreich bei freilebenden Tierarten wie Pinguinen (FROGET et al. 2002) und Seelöwen (BUTLER et al. 1992) während physischer Arbeit, bei Pferden unter Trainingsbedingungen (EVANS und ROSE 1988; EATON et al. 1995) oder bei Wiederkäuern wie Elchen im Erhaltungsstoffwechsel (RENECKER und HUDSON 1985) oder Rentieren (NILSSEN et al. 1984) und Rindern (BROSH et al. 1998a) bei körperlicher Anstrengung nachgewiesen. Bei der Milchkuh ist eine Schätzung des Energieumsatzes aus der Herzfrequenz und dem Sauerstoffverbrauch sowohl in der Trockenstehphase als auch während der Laktation untersucht worden (YAMAMOTO 1989; PURWANTO et al. 1990; AHARONI et al. 2003; AHARONI et al. 2005; AHARONI et al. 2006). Hier wurden jedoch keine einheitlichen Ergebnisse erzielt. In der vorliegenden Arbeit sollte die Hypothese geprüft werden, ob Kühe mit einer hohen Milchleistung und einer hohen Energieaufnahme eine höhere Herzfrequenz infolge eines leistungsabhängig höheren Sauerstoffverbrauchs als niedriglaktierende Tiere haben. Bei Bestätigung der Hypothese könnte die Herzfrequenz als Indikator für quantitative Veränderungen des Energieumsatzes sowohl für die Einzelkuh als auch auf Bestandsebene genutzt und im Rahmen des Monitorings der negativen Energiebilanz eingesetzt werden.

Die Herzfrequenz wurde in der vorliegenden Untersuchung bei Kühen verschiedener Leistungsgruppen und im Verlauf der ersten 100 Laktationstage gemessen. Ein stabiles Verhältnis zwischen der Herzfrequenz und dem Sauerstoffverbrauch kann den Einsatz der Herzfrequenz zur Bestimmung des Energieumsatzes ohne eine vorherige Kalibrierung mit dem Sauerstoffverbrauch möglich machen (TURBILL et al. 2011). Dieser Zusammenhang sollte in der vorliegenden Untersuchung unter Praxisbedingungen angewendet werden. Neben der Herzfrequenz lag der Fokus v.a. auf der Milchleistung, der Entwicklung der Körperkondition und der Energieaufnahme der Tiere.

2 Literaturübersicht

2.1 Energiebewertung bei der Milchkuh: das System der Nettoenergie-Laktation (NEL-System)

Die Transformation der Energie im Körper erfolgt in mehreren Stufen: Das aufgenommene Futter (Bruttoenergie GE) wird verdaut, die Nährstoffe (verdauliche Energie DE) werden resorbiert. Nach Ausscheidung von verdaulichen Substanzen über die Niere und von Fermentationsgasen verbleibt die umsetzbare Energie (ME) im Körper (BRODY 1945a). Die Verluste an Harn- und Methanenergie sind abhängig vom Futtermittel. Deswegen ist die ME (und nicht die DE) in vielen Ländern der Maßstab für die Energiebewertung für Wiederkäuer (GFE 2001a). Nach Abzug der Wärmeverluste von der ME bleibt die Nettoenergie (NE) für die verschiedenen Bedürfnisse der Kuh (Erhaltung, Milchleistung und Trächtigkeit, BRODY 1945a). Der Anteil der NE, den die Kuh zur Milchbildung benötigt, ist die Nettoenergie-Laktation (NEL).

Der Energiebedarf der Milchkuh wird in MJ NEL ausgedrückt und setzt sich aus dem Erhaltungsbedarf, dem Bedarf für die Milchbildung und bei trächtigen Tieren aus dem Energiebedarf für die Trächtigkeit zusammen (GFE 2001a):

- Erhaltungsbedarf pro Tag (d, MJ NEL/d) = $0,293 \cdot KM^{0,75}$, mit $KM^{0,75}$ = metabolische Körpergröße ($kg^{0,75}$, GFE 2001a),
- LE (Energiegehalt von 1 kg fett- und eiweißkorrigierter Milch, 1 kg FCM) = 3,27 MJ NEL/kg (TYRRELL und REID 1965; GFE 2001a),
- Energiebedarf für die Trächtigkeit:

Der Energieansatz im graviden Uterus (SE) pro d: $SE \text{ (MJ NEL/d)} = 0,044 \cdot e^{0,0165 \cdot t}$, mit t = Anzahl der Tage nach der Konzeption (GFE 2001a) plus dem Energieansatz im Euter (1 MJ NEL/d im vorletzten und 1,5 MJ NEL/d im letzten Graviditätsmonat, ROHR 1989; GFE 2001a).

Der NE-Gehalt der Futtermittel wird aus der daraus erzielbaren Menge an Milchenergie abgeleitet (GFE 2001a).

2.2 Transformation der Nährstoffe in Energie

Die Milchbildung geht in der frühen Laktation gemeinsam mit einer Fettmobilisation und in der späten Laktation mit dem Aufbau von Körperfett (Energiespeicherung) einher. Bei der Ermittlung des Energiegewinns aus dem Körperfett einer Kuh in den ersten 45 Laktationstagen (LT) liegen die Angaben von HOFFMANN (1974) mit $30,7 \text{ MJ}^1 \text{ ME/d}$ bei einer täglichen Milchleistung von 29 bis 36 kg FCM nur geringgradig über den Angaben von FLATT et al. (1969b) mit $28,8 \text{ MJ ME/d}$ bei einer täglichen Milchleistung von 29,4 kg FCM. In

¹alle Angaben in der Literatur, die sich in der Einheit cal (Kalorien) befanden, wurden nach $1 \text{ cal} = 4,185 \text{ J}$ (BRODY 1945b) in die SI-Einheit Joule umgerechnet.

der späten Laktation wird eine Energie von 20,5 MJ ME/d für die darauffolgende Laktation in Fettdepots angelegt (FLATT et al. 1969b).

Tabelle 1: Ergebnisse der Stoffwechselversuche bei Milchkühen der Literatur zur Ermittlung des Teilwirkungsgrades für die Milchbildung und den Fettaufbau

Autor bzw. Autoren	n	Teilwirkungsgrad (%) der ME an	
		Milchbildung (k _i)	Fettaufbau
FLATT et al. 1969b	72	65,8	
SCHIEMANN et al. 1970	9	61,1	¹
MOE et al. 1971	350	64,4	74,7
HOFFMANN et al. 1972	134	62	54
HOFFMANN 1974	198	64	56
AGNEW und YAN 2000	>1500	66	¹

¹In diesen Arbeiten sind keine Angaben zum Teilwirkungsgrad für den Fettaufbau vorhanden.

In zahlreichen Respirationsversuchen wurden die Teilwirkungsgrade für die Milchbildung und den Fettaufbau ermittelt (s. Tabelle 1). Hierbei wurden die Methoden der indirekten Kalorimetrie angewandt und aus dem gemessenen Sauerstoffverbrauch (VO₂) der Energieverbrauch pro Tag berechnet: 1 ml O₂ bildet 20,1 kJ Wärme (KLEIBER 1967a).

Die physiologischen und biochemischen Zusammenhänge zwischen der Aufnahme der Nährstoffe über das Futter und daraus gewonnener Energie sind der Abbildung 1 zu entnehmen.

O₂ ist hierbei ein Schlüsselparameter für den Energieumsatz (EE, COENEN 2008). Die Oxidation von Glukose liefert für den Organismus folgende Energie (KLEIBER 1967b):



Die Angaben zum ATP (Adenosintriphosphat)-Gewinn aus dem aeroben Abbau von 1 mol Glukose variieren in der Literatur von 30 mol ATP (STRYER 1996) bis 38 mol ATP (BERGNER 1991).

Im Pansen ist die ATP-Ausbeute abhängig von der Synthese der kurzkettigen Fettsäuren (FS, BERGNER 1991): aus 1 mol Glukose entstehen bei Bildung von 2 mol Acetat 4 mol ATP, bei Bildung von 1 mol Butyrat 3 mol ATP und bei Bildung von 2 mol Propionat 2 mol ATP. Für die gesamte ATP-Ausbeute ist das Verhältnis der drei FS zueinander von Bedeutung. Der Anteil des Acetats nimmt mit steigendem Kraftfutteranteil und sinkendem Anteil von Heu ab, der Anteil von Propionat nimmt bei gleicher Verteilung von Konzentrat und Heu zu (FLATT et al. 1969a). Es entstehen z.B. 65 mol ATP aus einer Mastration mit hohem Kraftfutteranteil und 82 mol ATP aus einer rohfaserreichen Milchviehration (BERGNER 1991).

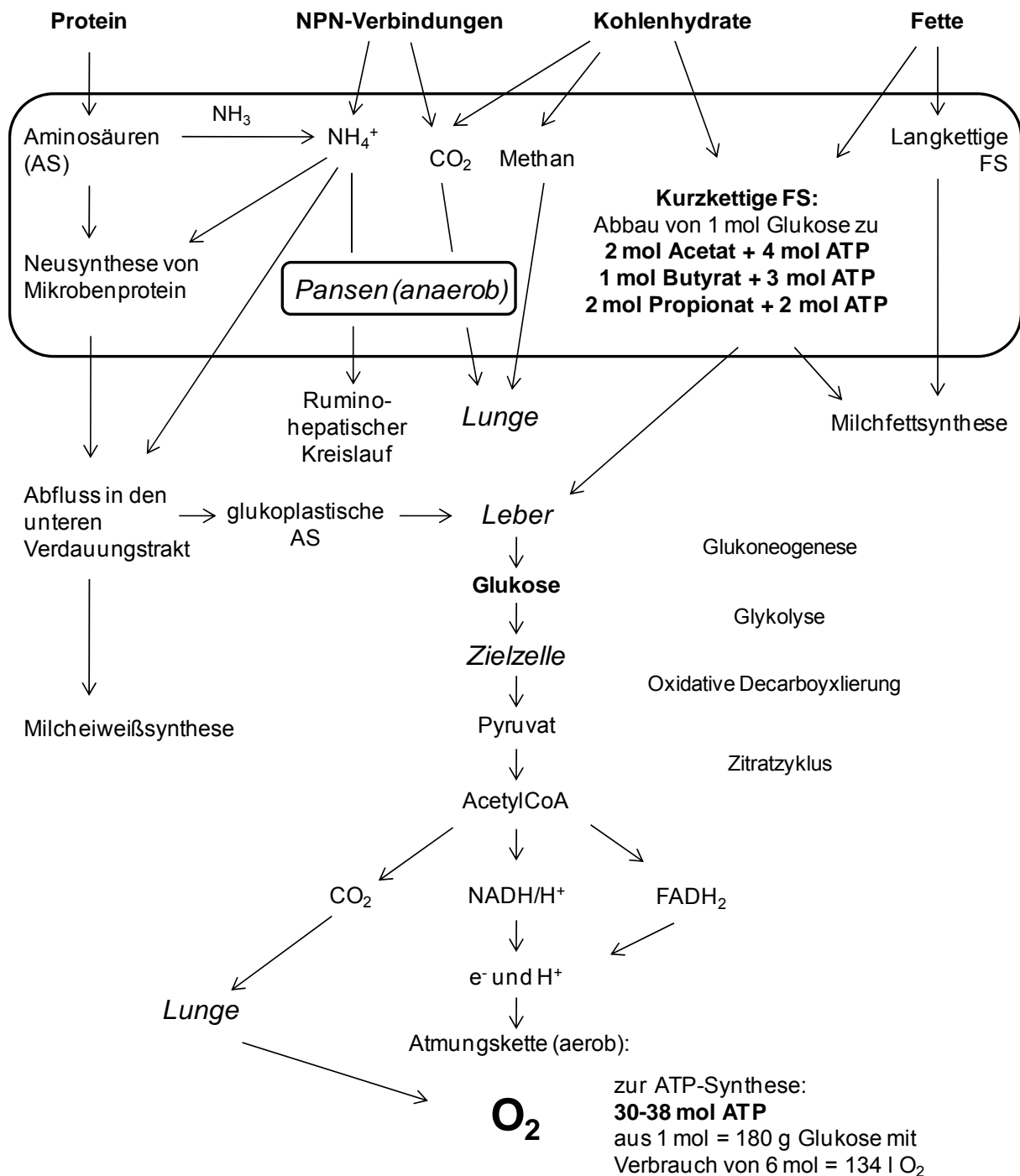


Abbildung 1: Transformation der Nährstoffe aus dem Futter in Energie bei der Milchkuh, modifiziert nach KLEIBER (1967b); BERGNER (1991); STRYER (1996); MARTIN et al. (2007); RODEHUTSCORT und PETRY (2010); BREVES und LEONHARD-MAREK (2010)

2.3 Sauerstoff, Herzfrequenz und Energie

2.3.1 Der Grundumsatz

Der Grundumsatz (BMR) stellt den Energiebedarf dar, der den Organismus in einem konstanten Zustand erhält. Er steht für den minimalen EE eines Tieres. Ein konstanter Zustand bedeutet: ausgewachsen, in Ruhe, nicht reproduktiv, bei Bewusstsein, in einer thermoneutralen Umgebungstemperatur und nüchtern (WHITE und SEYMOUR 2005). Es existieren folgende Zusammenhänge zwischen dem BMR und der Körpermasse (KM):

- $BMR (MJ) = 0,29 * KM (kg)^{0,75}$ (KLEIBER 1967c),
- $BMR (MJ) = 0,30 * KM (kg)^{0,734}$ (BRODY 1945c)
für ausgewachsene Tiere verschiedener Spezies,
- $BMR (MJ) = 1,23 * KM (kg)^{0,56}$ (BRODY 1945c)
für laktierende Holstein Kühe.

Bei der Gleichung für die Milchkühe steigt im Gegensatz zu den anderen Spezies der Variationskoeffizient und sinkt der Exponent, da sie aufgrund der mikrobiellen Verdauungsprozesse des Pansens kaum nüchtern sein können (WHITE und SEYMOUR 2005).

2.3.2 Die physiologischen Zusammenhänge zwischen der Herzfrequenz und dem Sauerstoffverbrauch

O₂ tritt beim pulmonalen Gasaustausch von der Umgebungsluft in den Blutstrom ein. Im Blut liegt er zu 98% chemisch gebunden an das Hämoglobin (Hb) der Erythrozyten vor (GROS 2010).

Für den O₂ im Blutstrom gilt das Ficksche Prinzip der Konvektion (DEJOURS 1972):

$$M = V * (C_{in} - C_{out}),$$

mit M = der Konzentration der mitgeführten Substanz, V = der Flussrate und C_{in} bzw. C_{out} = die Konzentrationen der Substanz im ein- bzw. ausgehenden Medium. Das Ficksche Prinzip kann für den O₂ und das Herz wie folgt angewendet werden (YAMAMOTO 1989; BUTLER 1993; FROGET et al. 2002; BROSH 2007a):

$$VO_2 = HF * (SV * (O_{2art} - O_{2ven})),$$

mit VO₂ = dem Sauerstoffverbrauch, HF = der Herzfrequenz, SV = dem Schlagvolumen und O_{2art}-O_{2ven} = der arteriovenösen Sauerstoffdifferenz.

SV * (O_{2art}-O_{2ven}) drückt die O₂-Menge aus, die pro Herzschlag den linken Ventrikel verlässt und daraufhin vom Organismus genutzt werden kann. Dies ist der Sauerstoffpuls (O_{2P}) in ml/Herzschlag (FROGET et al. 2002; BUTLER und GREEN 2004).

Das Ficksche Prinzip lässt sich daher auch wie folgt ausdrücken:

$$VO_2 = HF * O_2P.$$

Die Konsequenz aus diesen Gleichungen wäre ein linearer Zusammenhang zwischen dem VO_2 und der Herzfrequenz (HF) bei konstantem Schlagvolumen (SV), konstanter arteriovenöser Sauerstoffdifferenz ($\text{O}_2\text{art}-\text{O}_2\text{ven}$) sowie bei konstantem O_2P (BUTLER et al. 1992; BOYD et al. 1999; BUTLER et al. 2004), was beim lebenden Tier unter konstanten Bedingungen (BUTLER 1993) und während einer großen Spannbreite von aerober physischer Arbeit (KAMALAKANNAN et al. 2007) möglich sein kann.

2.3.2.1 Faktoren, die das Schlagvolumen und die arteriovenöse Sauerstoffdifferenz beeinflussen

Das SV ist definiert als das Blutvolumen, das bei einer Systole vom linken Ventrikel ausgeworfen wird (BRODY 1945d). Das SV eines Kalbes ist zu unterschiedlichen Zeiten eines Tages und an wenigen aufeinanderfolgenden Tagen konstant (AMORY et al. 1992), es steigt aber signifikant innerhalb des ersten Lebensjahres des Kalbes an (AMORY 1993). Das SV von sechs bis acht Monate alten Bullen sinkt bei Abnahme der Umgebungstemperatur auf 4 bis 2,5 Grad Celsius ($^{\circ}\text{C}$) signifikant (BELL 1974). Bei ausgewachsenen Ochsen wird es von der Futteraufnahme nicht beeinflusst (HUNTINGTON et al. 1990). Das SV bleibt bei körperlicher Arbeit unterschiedlicher Intensität konstant oder steigt nicht signifikant an. Das wurde sowohl bei Pferden (WEBER et al. 1987; EVANS und ROSE 1988; JONES et al. 1989; THOMAS und FREGIN 1990) als auch bei Kälbern und Ochsen untersucht (KUHLMANN et al. 1985; JONES et al. 1989). Somit gilt bei einem konstanten SV und einer erhöhten HF während Arbeit unterschiedlicher Intensität die HF-Erhöhung als Hauptursache für ein erhöhtes Herzminutenvolumen (HMV, TAYLOR et al. 1987; JONES et al. 1989).

Die $\text{O}_2\text{art}-\text{O}_2\text{ven}$ steigt bei körperlicher Arbeit (BUTLER 1993; GROS 2010) durch einen Anstieg der Hb-Konzentration im arteriellen Blut und einen Anstieg der O_2 -Abgabe ans Gewebe (TAYLOR et al. 1987; JONES et al. 1989; BUTLER 1993). Dieser Zusammenhang wurde v. a. beim Pferd unter standardisierten Bedingungen beschrieben (WEBER et al. 1987; EVANS und ROSE 1988; LANDGREN et al. 1988). Beim Kalb nimmt die $\text{O}_2\text{art}-\text{O}_2\text{ven}$ bei einer mittleren bis hohen Arbeitsintensität ebenfalls signifikant zu (KUHLMANN et al. 1985). Bei Ochsen wurde eine knapp dreifache Zunahme der $\text{O}_2\text{art}-\text{O}_2\text{ven}$ zwischen Ruhebedingungen und Arbeitsbedingungen bei maximaler O_2 -Aufnahme beschrieben (JONES et al. 1989).

2.3.2.2 Das Verhalten des Sauerstoffpulses bei verschiedenen Bedingungen

Im Mittel kann bei allen Tierspezies ein O_2P von $0,05 \text{ ml}/(\text{Herzschlag} \cdot \text{kg KM})$ in der Ruhe beobachtet werden (BRODY 1945d). Er ist somit direkt proportional zur KM. Trainierte Pferde, Menschen und Hunde liegen über dem angegebenen Wert, während Menschen, die sich nicht im Training befinden, Fleischrinder und Meerschweinchen darunter liegen (BRODY 1945d). Ein relativ konstanter O_2P (bzw. ein O_2P innerhalb physiologischer Grenzen) ist die

Voraussetzung für geringe Abweichungen der HF/ VO_2 -Beziehung (WEBSTER 1967). In der Untersuchung von WEBSTER (1967) traten unter gleichen Bedingungen sehr große individuelle Schwankungen des O_2P bei einer sehr kleinen Anzahl von Schafen auf (siehe Kapitel 2.4). Ein konstanter O_2P tritt bei Menschen auf, die keine oder nur eine leichte physische Arbeit verrichten, z.B. Laufen durch einen Raum (HENDERSON und PRINCE 1914). Dies bestätigten BERHAN et al. (2006) für die Bergziege, deren O_2P beim Weiden konstant blieb und BROSH et al. (1998a) für Jungrinder, die sich in Ruhe befanden oder eine leichte bis moderate Arbeit ausführten. Auch Kälber und Lämmer, die sich frei bewegen können und somit immer Veränderungen in ihrer Aktivität erfahren, haben an verschiedenen Zeitpunkten des Tages einen konstanten O_2P (AHARONI et al. 2003). Die Futter- und die Energieaufnahme beeinflussen den O_2P nicht. In einer Untersuchung von FAHLMANN et al. (2004) wurde mit Königspinguinen im Ruhezustand gearbeitet und fastende Tiere mit solchen mit einer regelmäßigen Futteraufnahme verglichen. Bei beiden Gruppen konnten keine signifikanten Unterschiede im O_2P festgestellt werden. Auch bei Schafen wird der O_2P von der Futteraufnahme nicht beeinflusst (ARIELI et al. 2002). AHARONI et al. (2003) stellten das gleiche bei Milchkühen fest, die einem unterschiedlichen Fütterungsregime (Tag- versus Nachtfütterung) unterlagen. Sowohl bei Jungrindern als auch bei Fleischrindern ändert sich der O_2P weder bei steigender oder unterschiedlicher ME-Aufnahme (BROSH et al. 1998a; BROSH et al. 2002; BROSH et al. 2003) noch bei der Verfütterung von Rationen mit unterschiedlichen Energiekonzentrationen (BROSH et al. 2002). Kältestress und Hitze, wenn sie nicht extrem sind, beeinflussen den O_2P nicht (BROSH et al. 2003; BROSH 2007a; BROSH 2007b). Ein Temperaturwechsel von 14 bis 16°C auf 2,5 bis 4°C hat auf den O_2P keinen Einfluss (BELL 1974). Einen konstanten O_2P bestätigten auch AHARONI et al. (2003) bei Kälbern und Lämmern bei einem Temperatur-Feuchte-Index (THI) zwischen 71 und 86 und BROSH et al. (1998b) bei Jungrindern bei Temperaturen von 24 bis 30°C und direkter Sonneneinstrahlung. Die Leistung und der Reproduktionsstatus haben bei Fleischrindern keinen Einfluss auf den O_2P , dieser ändert sich weder in der späten Gravidität noch während der Laktation (BROSH et al. 2003), obwohl die HF hier im Vergleich zu nicht-trächtigen und nicht-laktierenden Rindern signifikant höher ist (BROSH et al. 2001; BROSH et al. 2002).

Der O_2P steigt bei körperlicher Arbeit, die über eine moderate Anstrengung hinausgeht. Dies wurde für Menschen, die eine mittelschwere bis schwere Muskelarbeit verrichten (HENDERSON und PRINCE 1914) und Tiere (BROSH 2007a; BROSH 2007b) bestätigt. In einer Untersuchung von ZERBINI et al. (1992) stieg der O_2P bei den F1-Generationen von Boran x Holstein-Friesian und Boran x Simmental beim Verrichten von schwerer Arbeit (Zugkraft). Eine signifikante Zunahme des O_2P konnte auch bei grasenden Rindern im Vergleich zu Rindern in Anbindehaltung bestätigt werden (BROSH et al. 2003; BROSH 2007a). BROSH et al. (2004) beobachteten einen Anstieg des O_2P bei steigender ME-

Aufnahme bei Fleischrindern. Letzt genannte Untersuchung widerspricht den Ergebnissen der Arbeiten von BROSH et al. (1998a) und BROSH et al. (2002), in denen ein konstanter O_2P bei einer steigenden ME-Aufnahme von Jung- und Fleischrindern festgestellt wurde. Milchkühe haben im Vergleich zu Fleischrindern jedes Reproduktionsstadiums (güst, trächtig oder laktierend) einen signifikant höheren O_2P (BROSH 2007a).

Ein niedriger O_2P ist allgemein in Stresssituationen zu finden, da die HF schneller steigt als der VO_2 (BROSH 2007a). Bei Königspinguinen ist bei Temperaturen, die sich unterhalb der unteren kritischen Temperatur befinden, im Vergleich zu Temperaturen innerhalb der thermoneutralen Zone der Tiere ein niedrigerer O_2P zu erwarten (FROGET et al. 2002). AHARONI et al. (2003) kamen zu dem Ergebnis, dass der O_2P bei Milchkühen (Holstein-Friesian) bei höheren Umgebungstemperaturen (ab einem THI von 75 bis 88) signifikant sinkt. Dies wird durch eine Zunahme des Blutflusses zur Wärmeabgabe durch Konvektion und Respiration und damit einhergehender steigender HF ohne Anstieg des VO_2 begründet.

2.4 Die Nutzung der Herzfrequenz zur Ermittlung des Energieumsatzes mit Hilfe des Sauerstoffverbrauchs bei Menschen und Tierarten außer der Milchkuh

Schätzungen des EE aus der HF und dem VO_2 können bei schwerer Arbeit problematisch sein, da die dafür benötigte Energie auch aus anaeroben Stoffwechselvorgängen gewonnen werden kann (EATON et al. 1995). Man kann aber davon ausgehen, dass bei moderater Arbeit bzw. einem VO_2 , der noch nicht sein Maximum erreicht hat, die Stoffwechselvorgänge größtenteils aerob sind.

Ein starker linearer Zusammenhang zwischender HF und dem VO_2 existiert bei Menschen. VOKAC et al. (1975) zeigten ihn bei Männern, die verschiedene Arm- und Beinarbeit ausführten. LOVELADY et al. (1993) bestätigten ihn bei laktierenden Frauen sowohl in Ruhe als auch bei physischer Aktivität mit steigender Anstrengung und BLACKBURN und CALLOWAY (1985) bei Frauen in verschiedenen Gestationsstadien und post partum sowohl für Ruhephasen als auch für unterschiedliche körperliche Aktivitäten (s. Tabelle A-1).

Ein starker Zusammenhang zwischen der HF und dem EE wurde in einer Untersuchung von BEGHIN et al. (2000) mit Kindern in einem Alter von fünf bis 14 Jahren festgestellt, die sich sowohl in Ruhe befanden als auch körperlicher Anstrengung mit verschiedenen Schwierigkeitsgraden unterlagen (s. Tabelle A-1).

Umfangreiche Daten sind zu Meerestieren vorhanden. Beim Kalifornischen Seelöwen wurde im Ruhezustand und beim Schwimmen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten ein linearer Zusammenhang zwischen der HF und dem VO_2 festgestellt (BUTLER et al. 1992, s. Tabelle A-1). Beim Seebären wurde für diese Beziehung ein exponentieller Zusammenhang beschrieben (BOYD et al. 1999, s. Tabelle A-1). Über den Zusammenhang zwischender HF und dem VO_2 bei Pinguinen sind mehrere Arbeiten vorhanden (s. Tabelle A-1).

Ein linearer Zusammenhang wurde bei folgenden Pinguinen beschrieben:

- bei Goldschopfpinguinen während der Brut und in der Mauser (GREEN et al. 2001),
- bei Königspinguinen sowohl im Ruhezustand als auch nach einer Aktivitätsphase (Futtersuche, FROGET et al. 2001),
- bei Königspinguinen in einer Ruhephase und auf dem Laufband bei verschiedenen Umgebungstemperaturen (FROGET et al. 2002),
- bei nüchternen Königspinguinen in einer Ruhephase (FAHLMAN et al. 2004).

Im Gegensatz zu obigen Untersuchungen beschrieben FAHLMAN et al. (2004) einen logarithmischen Zusammenhang zwischen der HF und dem VO_2 während physischer Aktivität bei Königspinguinen.

Bei Untersuchungen von Pferden auf dem Laufband bei verschiedenen Geschwindigkeiten und Steigungen wurden enge Korrelationen zwischen der HF und dem VO_2 festgestellt (EVANS und ROSE 1988; EATON et al. 1995). In der Arbeit von COENEN (2008) wurden Daten von 564 Pferden im Training unter standardisierten Bedingungen zusammengefasst. Es wurde ein exponentieller Zusammenhang zwischen der HF und dem VO_2 bestätigt (s. Tabelle A-1), der für den aeroben Teil der Arbeit Anwendung findet.

Beim Elch ließ sich ein starker exponentieller Zusammenhang zwischen der HF und dem BMR zeigen (RENECKER und HUDSON 1985, s. Tabelle A-1). BROSH et al. (1998a) bestätigten in einer Studie mit Jungrindern ebenfalls einen exponentiellen Zusammenhang zwischen der HF und dem VO_2 während intensiver Arbeit.

In einer Untersuchung von WEBSTER (1967) wurden bei vier Schafen sowohl unter thermoneutralen Bedingungen als auch während der Exposition von Kälte und während des Fressvorgangs kontinuierlich die HF und der VO_2 gemessen. Bis zu einer HF von 90 Schlägen/min ließ sich bei drei von vier Schafen ein linearer Zusammenhang zwischen HF und Wärmeproduktion (HP) zeigen. Das vierte Schaf hatte während des Fressens eine HF von über 100 Schlägen/min, bei diesem war der Zusammenhang zwischen der HF und der HP nicht linear. Der O_2P variierte bei zwei Schafen unabhängig von Änderungen in der HF.

Einen linearen Zusammenhang zwischen der HF und der HP konnte YAMAMOTO (1989) für folgende landwirtschaftliche Nutztiere zeigen: für Legehennen, für junge Ziegen und für Schweine im Wachstum.

Lineare Zusammenhänge wurden auch bei den folgenden Spezies bestätigt (s. Tabelle A-1):

- zwischen der HF und dem BMR beim Syalbard und beim Norwegischen Rentier auf dem Laufband sowohl bei steigenden Geschwindigkeiten als auch bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen (NILSSEN et al. 1984),
- zwischen der HF und dem EE bei Wasserbüffeln und Zebus sowohl im Erhaltungsstoffwechsel als auch auf dem Laufband bei verschiedenen

Geschwindigkeiten und unterschiedlich schwerer Zugkraft (RICHARDS und LAWRENCE 1984),

- zwischen der HF und dem EE bei Hinterwälder Ochsen und Zebus sowohl im Erhaltungsstoffwechsel als auch auf dem Laufband bei verschiedenen Geschwindigkeiten und unterschiedlich schwerer Zugkraft (ROMETSCH et al. 1997),
- zwischen der HF und der HP bei Mastrindern für den Erhaltungsstoffwechsel (YAMAMOTO 1989).

Die letzt genannten Zusammenhänge sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Ausgewählte Modelle der Literatur mit Gleichungsparametern a und b zu Modell $y=ax+b$ mit y =Energieumsatz (kJ/h) und x =Herzfrequenz (Schläge/min)

Spezies	n	Bedingung	HF-Bereich (Schläge/min)	Gleichungsparameter ¹		Autor bzw. Autoren
				a	b	
Wasserbüffel, mnl. ²	2	Arbeit	40-100	73,5	-1910	RICHARDS und LAWRENCE 1984
Zebu, mnl. ² /wbl. ³	2	Arbeit	70-170	45,2	-2090	RICHARDS und LAWRENCE 1984
Ochsen (Hinterwälder)	7	Arbeit	48-170	56,4	-1864	ROMETSCH et al. 1997
Bullen (HF)	6	Erhaltung	52-99	29,4	77,8	YAMAMOTO 1989

¹Originalmodelle s. Tabelle A-1

²männlich

³weiblich

Es wurden folgende Einschränkungen in der Anwendbarkeit der HF-Methode beschrieben:

Individuum versus Gruppe

Aus erheblichen individuellen Unterschieden der HF wurde in der Untersuchung von LOVELADY et al. (1993) der Schluss gezogen, dass aus der HF von laktierenden Frauen der EE besser für eine Gruppe als für das Individuum geschätzt werden kann. Die bessere Anwendbarkeit für eine Gruppe bestätigten GREEN et al. (2001) für Goldschopfpinguine unterschiedlichen Geschlechts während der Brut und in der Mauser. Die Bildung einer Gruppe und das Erheben von Mittelwerten für die Gruppe sollen individuelle Schwankungen bei der Bestimmung des EE aus der HF minimieren (LOVELADY et al. 1993; GREEN et al. 2001; BUTLER et al. 2004). Dem widersprach YAMAMOTO (1989), in dessen Untersuchung die Anwendung für das einzelne Rind möglich war, für eine Gruppe von vier bis sechs Mastrindern mit einer KM von 100 bis 500 kg jedoch nicht. Dies wurde mit der großen individuellen Variation der HF begründet.

Aktivitätslevel, Kalibrierung

Die Anwendung der HF-Methode kann in einzelnen Fällen nur in bestimmten HF-Bereichen möglich sein (WEBSTER 1967). Dies bedingt entweder eine Anwendung nur in Ruhephasen oder bis zu einer leichten oder moderaten körperlichen Belastung (BROSH et al. 1998a; BROSH 2007a) oder eine Anwendung v.a. in Aktivitätsphasen (BLACKBURN und CALLOWAY 1985). Die einzelnen Aktivitäten sollten sowohl vom Ruhezustand als auch untereinander genau unterschieden werden (BLACKBURN und CALLOWAY 1985; BROSH et al. 1998a; BOYD et al. 1999). Hierbei müssen Speziesunterschiede berücksichtigt werden. Nach vorheriger Kalibrierung der individuellen Beziehung von der HF und dem EE bei verschiedenen Aktivitäten wurde bei Arbeiterinnen einer Baumwollfabrik in Peking bei der Verrichtung ihrer täglichen Arbeit die HF gemessen, um den EE daraus zu ermitteln (LI et al. 1993). Es wurden sowohl große individuelle Unterschiede bei den Kalibrierungskurven als auch eine große Abweichung des aus der HF geschätzten EE während der täglichen Arbeit sowohl bei der Einzelperson als auch bei einer Gruppe von Frauen festgestellt. Somit sollte die HF zur Ermittlung des Energieverbrauches nur bei einer gleichbleibenden Aktivität mit vorheriger Kalibrierung eingesetzt werden (LI et al. 1993).

Experimentelle Bedingungen

Es ist möglich, dass Ergebnisse, die bei Pferden auf dem Laufband gewonnen wurden, nicht mit Ergebnissen von Pferden verglichen werden können, die auf normalem und nicht ebenem Untergrund trainieren (EATON et al. 1995), da ein nicht ebener Untergrund die Gangart in der Schrittlänge und/oder in der Schrittfrequenz verändern kann. Beim Vergleich der Schrittlänge auf nicht ebenem Untergrund und auf Laufbändern gibt es widersprüchliche Untersuchungsergebnisse, aber kleinere Abweichungen in der Bewegung der Pferde und der dazugehörigen Mechanik auf dem Laufband konnten einheitlich festgestellt werden (BUCHNER et al. 1994; GÓMEZ ÁLVAREZ et al. 2009). Auf unterschiedlich gefederten Laufbändern wurden signifikante Unterschiede im VO_2 (ein signifikant niedrigerer VO_2 pro kg KM auf dem härteren Laufband) festgestellt (JONES 2006). Damit ergaben sich Abweichungen in der Schätzung des Energieverbrauches aus dem VO_2 bei den getesteten Geschwindigkeiten und Steigungen (JONES 2006). Zum Einfluss des Untergrundes auf den VO_2 gibt es für andere Tierarten keine Untersuchungen.

Die physische Arbeit und die experimentellen Bedingungen entsprechen nicht den Voraussetzungen, die man bei frei lebenden Tieren findet; der EE bei den Arbeiten auf dem Laufband wird in der Regel überschätzt (BROSH et al. 2006). Auch sollte die Dauer der Arbeit bei der Schätzung des EE aus der HF berücksichtigt werden, der Energieverbrauch wird bei länger andauernder Arbeit in der Regel unterschätzt (LUKAS et al. 2001).

Tabelle 3: Darstellung der Parameter Herzfrequenz (Schläge/min), Sauerstoffpuls (ml O₂/kg^{0,75}*Herzschlag), Sauerstoffverbrauch (ml O₂/kg^{0,75}*h und l/h) und Energieumsatz (kJ/kg^{0,75}*h und MJ/d) der Milchkuh (Holstein-Friesian) aus Daten der Literatur (s. Kapitel 2.5), Angaben in MW, kursive Angaben = unterstellte KM oder kalkulierte Werte aus den Angaben der Literatur, s. Abbildungen A-2 bis A-4

KM (kg)	n	Milch- leistung (kg FCM)	HF (Schläge/min)	O ₂ P (ml O ₂ / kg ^{0,75} *Herzschlag)	VO ₂		EE		Autor bzw. Autoren
					(ml O ₂ /kg ^{0,75} *h)	(l/h)	(kJ/kg ^{0,75} *h)	(MJ/d)	
670	6	trocken	84	0,257	1295	171	26,5	83,8	YAMAMOTO 1989
753	2	trocken	72	0,337	1451	209	29,7	102	PURWANTO et al. 1990
578	6	15,0	76	0,368	1671	197	34,2	96,8	YAMAMOTO 1989
624	4	18,5	78	0,395	1847	231	37,8	113	PURWANTO et al. 1990
605	4	27,5	63	0,436	1646	201	33,7	98,7	YAMAMOTO 1989
597	4	31,6	81	0,442	2154	260	44,1	128	PURWANTO et al. 1990
541	7	36,7	84	0,437	2173	248	45,3	122	AHARONI et al. 2006
600	10	38,0	81	0,400	1947	236	39,9	116	AHARONI et al. 2003
600	10	38,0	77	0,425	1952	237	40,0	116	AHARONI et al. 2003
600	10	41,4	85	0,435	2216	269	48,9	142	AHARONI et al. 2005
600	10	41,4	81	0,461	2243	272	45,7	133	AHARONI et al. 2005
600	10	41,4	81	0,442	2148	260	42,3	123	AHARONI et al. 2005
600	10	41,4	80	0,464	2230	270	45,5	132	AHARONI et al. 2005
600	10	42,0	79	0,429	2032	246	41,6	121	AHARONI et al. 2003
600	10	42,0	77	0,398	1837	223	37,6	109	AHARONI et al. 2003
600	10	42,1	86	0,416	2384	261	50,3	146	AHARONI et al. 2005
600	10	42,1	83	0,457	2273	276	46,7	136	AHARONI et al. 2005
600	10	42,1	83	0,452	2240	272	45,8	133	AHARONI et al. 2005
600	10	42,1	84	0,442	2233	271	44,9	131	AHARONI et al. 2005
537	7	42,4	83	0,477	2236	250	45,8	123	AHARONI et al. 2006
600	10	45,9	82	0,430	2105	255	43,1	125	AHARONI et al. 2003
600	10	45,9	80	0,427	2049	248	41,9	122	AHARONI et al. 2003

2.5 Die Nutzung der Herzfrequenz zur Ermittlung des Energieumsatzes mit Hilfe des Sauerstoffverbrauchs bei der Milchkuh

2.5.1 Messung der Herzfrequenz

Die HF wurde entweder mit einem EKG-System inklusive Mikrocomputer (YAMAMOTO 1989; PURWANTO et al. 1990) oder mit Hilfe eines Gurt-Systems (BROSH et al. 2002; AHARONI et al. 2003; AHARONI et al. 2006) durchgeführt.

Der Einfluss der täglichen Variation der HF auf die mittlere HF der Messung kann durch folgende Methoden minimiert werden:

Langzeitmessung der Herzfrequenz

Die Messung der HF variierte in den vorhandenen Untersuchungen zwischen einem Tag (Purwanto et al. 1990), zwei bis drei Tagen (AHARONI et al. 2005) oder drei bis vier Tagen (BROSH et al. 2004; BROSH 2007a) an Tieren, die keinerlei oder nur minimalen äußeren Einflüssen unterlagen. Hierbei wurde die mittlere HF der Messung anhand gespeicherter 5 min (PURWANTO et al. 1990) oder 15 min Intervallen ermittelt (BROSH et al. 2004). Aus der aufgezeichneten HF wurde auch aus identischen Perioden von 30 min oder mehr der Mittelwert gebildet und daraus die mittlere HF der Messung berechnet (BROSH 2007a).

Bestimmung der relativen Herzfrequenz

Die relative HF nach YAMAMOTO (1989) ist der Quotient aus der momentanen HF und der HF zur Ruhezeit vor der täglichen Fütterung.

2.5.2 Messung des Sauerstoffverbrauchs

Alleinige Messung des Sauerstoffverbrauchs

Bei dieser Methode erfolgte die Messung des VO_2 alle zwei Stunden für 5 bis 10 min mit einer entsprechenden O_2 -Maske (PURWANTO et al. 1990).

Messung des Sauerstoffverbrauchs und der Herzfrequenz zur Bestimmung des Sauerstoffpulses

Der VO_2 wurde 10 min (AHARONI et al. 2003) oder 15 min lang (BROSH et al. 2004; BROSH 2007a) gemeinsam mit der HF einmal täglich gemessen. Daraus konnte der O_2P für diese Periode berechnet werden. Für die Messung des VO_2 wurde ein offenes System verwendet, welches FEDAK et al. (1981), SEEHERMANN et al. (1981) und TAYLOR et al. (1982) beschrieben haben.

Die Voraussetzungen für diese Methode sind ähnliche äußere Bedingungen für die Langzeitmessung der HF und die Messung des O_2P (BROSH 2007a). Kritisch ist hier die Verlässlichkeit der kurzzeitigen O_2 -Messung als repräsentative Messung des VO_2 des

ganzen Tages (BROSH 2007a). Der O_2P sollte deswegen mehrmals am gleichen Tag gemessen werden (AHARONI et al. 2003).

2.5.3 Berechnung des Energieverbrauchs

Nach Messung der erforderlichen Daten wurde der Energieverbrauch auf folgende Weisen berechnet:

- $EE = HF * O_2P * 20,47 \text{ kJ}/IO_2$
mit EE = Energieumsatz in $\text{kJ}/(\text{KM}^{0,75}/\text{d})$ und HF = Herzfrequenz in Schlägen/min (NICOL und YOUNG 1990),
- $HP = 0,2047 * 60 * \Delta O_2 * F_r * T_f * P_f * N_c / \text{kg KM}^{0,75}$
mit HP = Wärmeproduktion in kJ/kg , ΔO_2 = Sauerstoffdifferenz in % der aus- und eingehenden Luft der Maske, F_r = ausströmender Luftstrom, T_f = Raumtemperatur, P_f = Luftdruck, N_c = Stickstoff-Kalibrationsfaktor nach YOUNG et al. (1984) und $\text{KM}^{0,75}$ = metabolische Körpergröße (MCLEAN 1972),
- $MR = V_E * (-20,47 * \Delta F_{O_2} + 0,73 * \Delta F_{CO_2} - 6,46 * \Delta F_{CH_4}) - 5,99 * N$
mit MR = Stoffwechselrate in kW , V_E = Rate der ausgeatmeten Luft, ΔF = Differenz der entsprechenden Gase (O_2 , CO_2 , NH_4) der ausgeatmeten und der eingeatmeten Luft und N = Exkretionsrate des Stickstoffs (MCLEAN und TOBIN 1987).

2.5.4 Ergebnisse dieser Untersuchungen

Die Ergebnisse der Messungen der HF und des VO_2 bei der Milchkuh sind in der Tabelle 3 und in den Abbildungen A-2 bis A-4 zusammengefasst. Der VO_2 steigt mit größerer Milchleistung (s. Abbildung A-2) und mit einer höheren HF (s. Abbildung A-3). Der Zusammenhang zwischen HF und Milchleistung ist nicht stark, es lassen sich nur 26% der HF -Werte auf die Milchleistung zurückführen (s. Abbildung A-4).

2.6 Zusammenfassung: Einsatz der Herzfrequenz-Methode

Der EE kann durch $HF \cdot O_2P$ wie beschrieben bestimmt werden (BROSH 2007a).

Änderungen des EE und der HF sind gute Indikatoren zur Feststellung von Änderungen in der ME-Aufnahme und somit des Energiestoffwechsels (BROSH 2007a). Bei Fleischrindern lassen die hohen Korrelationen zwischen der HF, dem EE und der ME-Aufnahme sogar eine reziproke Schätzung der ME-Aufnahme und des EE aus der HF zu (BROSH et al. 2002; BROSH et al. 2004). Die zentrale Rolle spielt hierbei der O_2P . Ist er konstant, ist die HF geeignet, den EE von Kühen auch über einen längeren Zeitraum (z.B. einen ganzen Reproduktionszyklus lang) zu überwachen (BROSH et al. 2002). Allerdings ist der O_2P ein individuelles Merkmal und sollte für jede Fütterung und jedes Reproduktionsstadium erneut gemessen werden (BROSH et al. 2002). Die weitere Forschung sollte sich mit der Konstanz des O_2P bei unterschiedlicher Leistung, unter Arbeitsbedingungen und extremen Umwelteinflüssen beschäftigen (BROSH et al. 2002).

Um eine möglichst genaue Schätzung des EE aus der HF durchzuführen, ist die Messung des VO_2 zwingend erforderlich (MCLEAN und TOBIN 1987). Eine Methode, parallel zur HF-Messung die genauen Aktivitäten der Tiere und die Art und Menge des aufgenommenen Futters zu dokumentieren, ist möglich, geht aber auch mit vorher gemessenem Energieverbrauch für die Aktivitäten und das verwendete Futter einher (MCLEAN und TOBIN 1987). Durch Aufstellen einer eigenen Kurve für die Beziehung der HF mit dem EE für jedes Individuum kann die Genauigkeit der Schätzung erhöht werden (BROSH et al. 1998a).

Die HF/ O_2P -Methode ist auch für eine Gruppe von Tieren anwendbar, weil die individuelle Variation des EE, der aus dieser Methode geschätzt wird, der individuellen Variation in der täglichen Futteraufnahme entspricht (BROSH 2007a). Man sollte jedoch mindestens die HF von vier Tieren nutzen, um den mittleren Energieverbrauch der Gruppe bestimmen zu können (YAMAMOTO 1989). Der Zusammenhang von der HF und dem EE, der für eine Gruppe für ein bestimmtes Futter mit einer bestimmten Energiedichte gilt, gilt nicht für die gleiche Gruppe, die ein anderes Futter aufnimmt (BROSH 2007a). Somit kann die Gleichung zur Bestimmung des Energieverbrauches eines Individuums oder einer Gruppe von Tieren unter definierten Bedingungen nicht bedenkenlos auf Tiere, für die andere Bedingungen gelten, angewandt werden (YAMAMOTO 1989).

2.7 Interne und externe Einflüsse auf die Herzfrequenz bei Rindern

Schon THOMAS und MOORE (1950) fassten die Einflüsse auf die HF von Rindern wie folgt zusammen: Größe, Alter, Aufregung, Außentemperatur, Verdauung, Schlaf, pathologischer Zustand. Die genaue Kenntnis dieser äußeren und inneren Faktoren ist wichtig, um weiter abschätzen zu können, ob und wie die beschriebene Methode auch unter Praxisbedingungen eingesetzt werden kann (BUTLER et al. 2004). Auf ausgewählte Parameter soll im folgenden Text weiter eingegangen werden.

2.7.1 Leistung und Reproduktionsstadium

Die HF wird vom Reproduktionsstadium und von der Leistung beeinflusst (BROSH 2007a). Beim Fleischrind wurde Folgendes festgestellt: Ab dem 180. Trächtigkeitstag und in der Laktation ist die HF im Vergleich zum nicht-trächtigen, nicht-laktierenden Rind signifikant höher (BROSH et al. 2001; BROSH et al. 2002). Diesen Zusammenhang zwischen der HF und der Leistung, bzw. der HF und dem Reproduktionsstadium kann man allerdings nicht auf die späte Trächtigkeit und die Laktation allein zurückführen. Gerade in diesen Stadien spielt auch die höhere ME-Aufnahme im Vergleich zum nicht-trächtigen, nicht-laktierenden Rind eine bedeutsame Rolle (BROSH et al. 2004; BROSH et al. 2006).

Die Werte der HF bei hochtragenden und laktierenden Kühen sind in Tabelle 3 und Tabelle 4 aufgeführt. Die Leistung dieser Kühe reicht bis zu einer täglichen Milchleistung von 45,9 kg FCM, die dazugehörige mittlere HF variiert von 61 bis 92 Schlägen/min.

Tabelle 4: Zeit (d) ante partum bzw. post partum und dazugehörige Herzfrequenz (Schläge/min): Mittelwert \pm Standardabweichung (MW \pm SD) der Literatur, s. Abbildung A-1

Kuh, Rasse	n	Zeit (d) a.p. bzw. p.p.	HF		Autoren
			MW	SD	
Jersey, Holstein	11	81-90 d a.p.	64		THOMAS und MOORE 1950
Holstein	11	24-2 d a.p.	84	13	FUKUHARA et al. 1983
Jersey, Holstein	9	1-10 d a.p.	92		THOMAS und MOORE 1950
Jersey, Holstein	35	1-25 d p.p.	77		THOMAS und MOORE 1950
Holstein	9	22-39 d p.p.	72	7	FUKUHARA et al. 1983
Jersey, Holstein	35	26-50 d p.p.	77		THOMAS und MOORE 1950
Jersey, Holstein	20	51-75 d p.p.	70		THOMAS und MOORE 1950
Jersey, Holstein	17	76-100 d p.p.	69		THOMAS und MOORE 1950
Jersey, Holstein	19	151-175 d p.p.	65		THOMAS und MOORE 1950
Jersey, Holstein	18	201-225 d p.p.	65		THOMAS und MOORE 1950
Jersey, Holstein	15	251-275 d p.p.	61		THOMAS und MOORE 1950

Nach den Ergebnissen der Arbeit von THOMAS und MOORE (1950) steigt die HF in den letzten drei Monaten der Trächtigkeit um ca. 30 Schläge/min an und sinkt im Verlauf der Laktation analog zur Milchleistung von 77 auf 61 Schläge/min (s. Tabelle 4). BROSH et al.

(2003) kamen in einer Untersuchung mit 20 Hochleistungskühen (Holstein-Friesian) zu der Schlussfolgerung, dass die HF im Laufe der Laktation signifikant steigt. Über den Verlauf und die Höhe der Milchleistung wurden keine Angaben gemacht. In der Abbildung A-1 ist eine deutliche Korrelation von der HF mit der Zeit ante partum (a.p.) bzw. post partum (p.p.) zu sehen. In den Untersuchungen von YAMAMOTO (1989, s. Tabelle 3), THOMAS und MOORE (1950) und FUKUHARA et al. (1983, s. Tabelle 4) sind höhere HF-Werte bei den trockenstehenden als bei den laktierenden Kühen zu finden. Eine Abhängigkeit der HF von der Milchleistung ist in der Untersuchung von YAMAMOTO (1989) nicht mehr zu beobachten. PURWANTO et al. (1990) erhielten im Gegensatz zu den vorausgegangenen Autoren höhere HF-Werte bei laktierenden im Gegensatz zu trockenstehenden Kühen und steigende HF-Werte mit steigender Milchleistung. In den Arbeiten von FUKUHARA et al. (1983) und PURWANTO et al. (1990) wurden sehr große Streuungen der HF innerhalb der Leistungsgruppen (SD von 7 bis 13 Schlägen/min) gezeigt. In den Untersuchungen von AHARONI et al. (2003) und AHARONI et al. (2005) wurden bei einer täglichen Milchleistung von 36,7 bis 45,9 kg FCM HF-Werte von 77 bis 85 Schläge/min ohne Abhängigkeit von der Leistung registriert. Bei einem Vergleich von reinrassigen Holstein-Friesian Kühen und der F1-Generation von Montbéliarde x Holstein wurden bei einer signifikant geringeren Milchleistung bei der F1-Generation signifikant niedrigere HF-Werte gemessen (AHARONI et al. 2006).

Das Verhalten der Herzfrequenz der Kühe in der Brunst

In wenigen Fällen (n=5) sank die HF von Beginn der Brunst bis drei Tage nach der Brunst von 80 auf 72 Schläge/min (THOMAS und MOORE 1950). In der gleichen Untersuchung von THOMAS und MOORE (1950) stieg die HF von anderen Tieren während der Brunst von 74 auf 81 Schläge/min an, um nach der Brunst wieder auf 76 Schläge/min abzusinken (n=21). In einer Arbeit von LEWIS und NEWMAN (1984) hatte die HF am Tag 0 des Zyklus (Brunstbeginn) ihr Minimum von 81 Schlägen/min und am Tag 3 ihr Maximum von 85 Schlägen/min. Einen Anstieg der HF während des Östrus wurde in der Arbeit von KOELSCH (1992) gezeigt, HF-Veränderungen von gleichem Ausmaß traten in dieser Untersuchung auch im Diöstrus auf und waren somit ausschließlich für eine Brunst nicht typisch.

2.7.2 Energieaufnahme

Bei einer Zunahme der Energie, die durch das Futter aufgenommen wird, steigt die HF (THOMAS und MOORE 1950; PURWANTO et al. 1990; BROSH et al. 1998a; BROSH et al. 1998b; BROSH et al. 2001; BROSH et al. 2002; BROSH 2007a). Der Zusammenhang zwischen der HF und der ME-Aufnahme ist linear mit $r^2 > 0,9$ (BROSH et al. 2002). Dadurch wird die HF in ihrem Tagesverlauf von der Fütterungszeit stark beeinflusst (BROSH et al. 1998a; PURWANTO et al. 1990). Bei einer restriktiven Energiezufuhr unterhalb des

Erhaltungsbedarfs hingegen sinkt die HF. Dies bestätigten DERNO et al. (2007) bei Hereford Ochsen, deren ME-Aufnahme nur der Hälfte des Erhaltungsbedarfs entsprach.

2.7.3 Umgebungstemperatur

Die thermoneutrale Zone ist der Temperaturbereich, in dem die Wärmeproduktion konstant und unabhängig von der Umgebungstemperatur ist (YOUNG 1981). Sie wird von der oberen und der unteren kritischen Temperatur eingeschlossen. Für die obere kritische Temperatur der Milchkuh reichen die Angaben der Literatur von 20°C (KLEIBER 1967d; RICHARDS 1985) und 21°C (MULLER und BOTHA 1993) bis 26°C (BERMAN et al. 1985). Die Folgen für die Milchkuh bei Überschreiten der oberen kritischen Temperatur sind ein Rückgang der Futteraufnahme und eine Weiterführung der Produktion (Milchleistung) auf Kosten von Körpersubstanz oder die Einstellung der Produktion (KLEIBER 1967d). Für die untere kritische Temperatur reichen die Angaben der Literatur von -4°C (Beginn des Absinkens der Milchleistung, MACDONALD und BELL 1958a) über -10°C für Kühe mit einer Leistung von 20 kg FCM (HAMADA 1971) bis -25 bis -30°C für die Milchkuh zu ihrer Laktationsspitze (YOUNG 1981).

2.7.3.1 Einfluss von warmen Umgebungstemperaturen

Kälber reagierten in verschiedenen Untersuchungen mit einer HF-Erhöhung bei einer Temperaturerhöhung ab 32 und 38°C bei einer Exposition von vier Stunden und mehr (NEUWIRTH et al. 1979) und bei einer Temperaturerhöhung auf 40°C innerhalb der ersten zwei Stunden (BIANCA 1959). Genauso wurde aber auch ein HF-Abfall von 115 auf 95 Schläge/min bei einer Erhöhung der Umgebungstemperatur von 18 auf 41°C bei einer Exposition von 12 h/d und einer Versuchsdauer von 14 d beschrieben (SINGH und NEWTON 1978). Dieser Zusammenhang lässt sich mit einer Wärmeabgabe durch periphere Vasodilatation und einer verminderten Wärmeproduktion aufgrund einer niedrigen HF während einer länger andauernden Exposition an hohe Temperaturen erklären (SINGH und BHATTACHARYYA 1990; MULLER und BOTHA 1993). Die HF-Erniedrigung bei hohen Umgebungstemperaturen wurde durch die Möglichkeit, dass die Tiere sich in den heißen Stunden des Tages hinlegen und weitere physische Aktivitäten einschränken konnten, unterstützt (BROSH et al. 2004). In der Untersuchung von MULLER und BOTHA (1993) sank die HF von Milchkühen nach einer anfänglichen Erhöhung innerhalb eines Tages fast wieder auf ihren Ausgangswert trotz einer Temperaturerhöhung von 23 auf 31°C. Dem entgegen steht die Arbeit von RICHARDS (1985), in der Milchkühe bei einer fünfwöchigen Exposition von 39°C und 86% relativer Luftfeuchtigkeit an 6,5 h des Tages eine signifikante HF-Erhöhung erfuhren. Andere Autoren konnten keine Korrelation der HF von Milchkühen mit der Umgebungstemperatur bestätigen (HUHNKE und MONTY 1976; LEMERLE und GODDARD 1986; MUNDIA und YAMAMOTO 1997). Das Gleiche gilt für Jungrinder:

Temperaturen von $23,7 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ und $30,4 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ und direkte Sonneneinstrahlung haben keinen Effekt auf die HF von Jungrindern (BROSH et al. 1998b; BROSH et al. 1998a). Die tägliche Variation der HF ist nur zu 6,5% auf die Umgebungstemperatur zurückzuführen (MULLER und BOTHA 1993).

2.7.3.2 Einfluss von kalten Umgebungstemperaturen

Beim Einfluss von Kälte auf das Rind muss akuter Kältestress von chronischer Kälte unterschieden werden. Chronische Kälte bedingt eine Adaptation der Tiere an die kalten Umgebungstemperaturen. Der Appetit und damit die Futteraufnahme werden stimuliert (KLEIBER 1967d), die MR von Fleischrindern steigt bei Temperaturen von -30°C auf das doppelte im Vergleich zu Temperaturen von 0 und 30°C an (YOUNG 1975; YOUNG 1981). Bei Einwirkung von akutem Kältestress steigt die HF durch eine verstärkte sympathische Aktivität (MACDONALD und BELL 1958b; OLSEN 1969; THOMPSON 1973; YOUNG 1981). Bei einjährigen Ochsen stieg die HF beim Vergleich von Temperaturen von 14 bis 20°C und von Temperaturen von 0 bis $1,5^{\circ}\text{C}$ signifikant an: von 60 ± 2 auf 109 ± 8 Schläge/min, wenn die Tiere zuletzt 20 h vor der Kälteexposition gefüttert wurden und von 75 ± 4 auf 116 ± 9 Schläge/min, wenn die Tiere zuletzt vier Stunden vor der Kälteexposition gefüttert wurden (BELL 1974). MACDONALD und BELL (1958b) beobachteten einen Anstieg der HF von Milchkühen von 66 auf 71 Schläge/min bei einem Temperaturabfall von 7 bis -17°C . Dieser Anstieg war nicht signifikant.

Kommt es bei Kälte zu Muskelzittern, sind die metabolischen Effekte des Muskelzitterns ähnlich denen bei Muskelarbeit und gehen mit einer HF-Erhöhung einher. Diese HF-Erhöhung kann folgende Ursachen haben:

- signifikanter Anstieg des VO_2 der Hintergliedmaßen bei Kälteexposition (Abfall der Umgebungstemperatur von 14 bis 16°C auf 0 bis 3°C) auf das Fünf- bis Zehnfache seines Ausgangswertes (BELL 1974; BELL et al. 1974; BELL et al. 1976),
- signifikante Erhöhung des Blutflusses der Hintergliedmaßen bei Kälteexposition (s.o.) auf das Zweieinhalb- bis Dreifache seines Ausgangswertes (BELL et al. 1974; BELL 1974), wobei 91% des Blutflusses im kalten Hinterbein dessen Muskulatur versorgen (BELL et al. 1976),
- signifikanter Anstieg der $\text{O}_2\text{art-O}_2\text{ven}$ der Hintergliedmaßen bei Kälteexposition (s.o., BELL et al. 1974),
- signifikante Erhöhung des VO_2 des Gesamtorganismus bei Kälteexposition (s.o.) bis auf das Doppelte (BELL et al. 1974; BELL 1974; BELL et al. 1975; BELL et al. 1976).

BROSH (2007a) fasste zusammen, dass ein Anstieg der HF bei Kälte zu vernachlässigen ist, weil dieser Anstieg signifikant geringer ist als die HF-Erhöhung bei Arbeit.

3 Material und Methoden

3.1 Versuchsziel

Im Rahmen dieser Arbeit sollte der Zusammenhang zwischen der HF und der Energieaufnahme bei der Milchkuh unter Praxisbedingungen beurteilt werden. Es wurde die Entwicklung der HF in verschiedenen Leistungsgruppen und in den ersten 100 LT untersucht. Der Einsatz der HF als Indikator für quantitative Veränderungen des EE im Rahmen der Bestandsbetreuung sollte geprüft werden.

Der Versuch wurde der Landesdirektion Leipzig mit Sitz in Leipzig angezeigt (Anzeigen-Nr. A 07/10, Anzeige-Datum 9.2.10).

3.2 Versuchsbetrieb und Haltung der Tiere

Die Messung der HF fand in der Milchviehherde des Lehr- und Versuchsgut Oberholz der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig im Zeitraum April 2010 bis Februar 2012 statt. In dieser Zeit umfasste die Herde 27 ± 3 laktierende und 6 ± 2 trockenstehende Kühe. Die Milchkühe wurden in zwei Gruppen im Boxenlaufstall gehalten und zweimal am Tag gemolken. Die Melkzeit am Morgen begann um 5:00 Uhr und dauerte bis ca. 8:00 Uhr, die Melkzeit am Nachmittag begann um 15:00 Uhr und dauerte bis ca. 17:30 Uhr. Zu diesen Zeiten wurde den Tieren ebenfalls das Futter angeboten. Die Tiere hatten freien Zugang zu Wasser. Die Liegeboxen waren mit Stroh eingestreut, ansonsten befand sich in diesem Stall keine Einstreu. Der Boden wurde zweimal am Tag mit dem Frontlader abgeschoben. Die Tiere waren in der zweiten Hälfte der Versuchsperiode entsprechend ihrer Milchleistung in die beiden Gruppen eingeteilt. Nach der Abkalbung standen die Tiere drei bis sieben Tage in der Abkalbebox und wurden dann in die Gruppe mit hoher Milchleistung integriert. In Abhängigkeit der Leistung kamen die Kühe mit ca. 120 bis 150 LT von der hoch- in die niedriglaktierende Gruppe, wenn möglich nach einer positiven Trächtigkeitsuntersuchung. Die trockenstehenden Kühe standen in Boxen zu maximal drei Kühen auf Tiefstreu in einem separaten Stallgebäude. Im Sommer hatten alle Tiere Zugang zur Weide.

3.3 Auswahl und Gruppierung der Tiere

Aus der oben beschriebenen Herde wurden insgesamt 32 Kühe der Rasse Deutsche Holstein gewählt. Sie unterschieden sich in Reproduktionsstatus, Milchleistung und Laktationsstadium. Einzeltiere waren möglicherweise mit jeweils einer neuen Messung in den verschiedenen Gruppen mehrmals vertreten. Erkrankte Tiere oder Messtage, an denen eine Lehrveranstaltung stattfand, wurden von der Berechnung ausgeschlossen und extra erfasst (s. Kapitel 4.6). Die Messung der HF erfolgte in zwei Abschnitten.

3.3.1 Abschnitt A

Bei den Kühen des Abschnittes A (n=23) wurde die HF einmalig an fünf aufeinanderfolgenden Tagen gemessen. Die Ergebnisse der Messungen wurden anhand der Milchleistung und des Reproduktionsstatus (späte Gravidität und Laktation) in vier Gruppen eingeteilt (Gruppen A1 bis A4, s. Tabelle 10). Die laktierenden Tiere (n=17) befanden sich im Mittel (Gruppen A2 bis A4 mit steigender Milchleistung) am 209., 138. und 56. LT. Die trockenstehenden Kühe (n=6) waren 228±39 Tage trächtig, von den 17 laktierenden Kühen waren nur acht Tiere zum Messzeitpunkt schon wieder trächtig, sie befanden sich zwischen dem 17. und dem 120. Graviditätstag.

Tabelle 5: Alter (Jahre, Monate), Laktationsnummer, Laktationstag, Milchleistung (kg FCM), Körpermasse (kg) und Body Condition Score der Kühe des Abschnitts A, n=23

Kuh (Stallnummer)	Alter		Nr. Laktation	LT	Milchleistung (kg FCM)	KM (kg)	BCS
	Jahre	Monate					
2	5	1	3	123	46,5	800	3
4	4	9	3	69	42,5	760	2,5
7	4	7	2	/ ¹	trockenstehend	840	4
8	4	3	3	43	48,3	680	2
11	4	5	3	46	40,2	700	3
12	4	11	2	/ ¹	trockenstehend	860	4
13	4	3	2	/ ¹	trockenstehend	700	3,5
18	3	9	2	208	23,5	720	3
19	3	9	2	205	22,1	620	1,5
22	2	8	1	148	36,6	620	2
23	3	4	2	43	53,6	680	1,5
24	3	2	2	44	39,1	620	2,5
27	3	1	1	234	22,9	760	4
29	3	1	1	209	27,5	700	3,5
31	2	11	1	150	34,8	740	2,5
32	2	8	1	140	36,3	700	2
33	2	2	1	65	33,7	600	2
34	2	2	1	67	37,5	760	3
40	8	9	6	138	38,2	760	2,5
82	5	9	4	/ ¹	trockenstehend	840	4,5
89	6	0	4	151	37,5	760	3
92	6	10	3	/ ¹	trockenstehend ²	800	3,5
96	5	11	3	/ ¹	trockenstehend	800	2

¹ Bei den trockenstehenden Tieren erfolgte keine Angabe des LT.

² Zwillingsgravidität

3.3.2 Abschnitt B

Im Abschnitt B wurde die HF der gleichen 12 Kühe in regelmäßigen Abständen nach der Kalbung gemessen (s. Tabelle 6). Die Messung pro Kuh fand frühestens vom 6. bis maximal zum 101. LT an drei aufeinanderfolgenden Tagen statt. Die Ergebnisse dieser Messungen wurden anhand des LT der Tiere in sieben Gruppen eingeteilt (Gruppen B1 bis B7, s. Tabelle 16).

Tabelle 6: Alter zu Messbeginn (Jahre, Monate), Laktationsnummer, Körpermasse (kg) und Milchleistung (kg FCM) der Kühe des Abschnitts B, n=12

Kuh (Stallnummer)	Alter zu Messbeginn		Nr. Laktation	KM (kg)	Milchleistung (kg FCM) der ersten 100 LT
	Jahre	Monate			
5 ¹	4	9	3	740	52,7
7 ¹	4	7	3	780	44,2
13 ¹	4	4	3	600	31,6
26 ¹	3	7	2	540	32,9
30 ¹	3	5	2	640	41,8
32 ¹	3	8	2	620	33,9
35	2	3	1	580	39,1
36	2	2	1	520	29,5
37	2	3	1	510	30,3
38 ¹	2	5	1	580	24,6
82	5	10	5	780	31,4
92	7	0	4	600	33,1

¹ sieben Tiere, die in jeder der Gruppen B1 bis B7 vertreten waren

Kuh Nr. 35 und Nr. 92 wurden aufgrund einer Endometritis puerperalis im Zeitraum der ersten Messung p.p. aus den Berechnungen der Gr. B1 ausgeschlossen. Vier Kühe (Nr. 36, 37, 82 und 92) mussten aus verschiedenen Gründen aus den Gruppen B4 bis B7 ausgeschlossen werden (s. Tabelle 7).

Aufgrund ihres frühen Ausscheidens wurde die Kuh Nr. 36 komplett aus der Berechnung ausgeschlossen, so dass sich maximal elf Kühe in jeder Gruppe befanden. Die angegebene Tierzahl n setzt sich im Fall der Kühe des Abschnitts B aus den Einzeltieren mal der Anzahl der Messperioden zusammen (n=69).

Es konnten sieben Tiere durchgehend vom 6. bis 101. LT in die Berechnung aufgenommen werden (s. Tabelle 6). Die angegebene Tierzahl n=49 in Tabelle 16 setzt sich aus sieben Messungen von diesen sieben Tieren zusammen.

Tabelle 7: Abschnitt B: Gründe des Ausscheidens von Kühen aus den regelmäßigen Messungen

Kuh (Stallnummer)	Ausscheiden nach LT	Grund des Ausschlusses
36	20	operative Entfernung von Zitzenwarzen, zweiwöchiger Klinikaufenthalt mit Futterumstellung und Reduktion der Milchmenge postoperationem
37	38	Klinikaufenthalt aufgrund einer Zitzenstenose und Hyperkeratose der Strichkanäle aller Euterviertel, Abgang aufgrund dauerhaft veränderten Sekret im vorderen und hinteren linken Euterviertel bei mittel- bis hochgradigem Zellgehalt und multiresistentem Keim (Sc. uberis)
82	79	Rusterholzsches Klauensohlengeschwür an der hinteren rechten Klaue
92	78	Klinikaufenthalt aufgrund akuter Mastitis des hinteren linken Euterviertels, Abgang aufgrund eines Rezidives 17 d später

3.4 Messung der Herzfrequenz

Die Messung der HF wurde mit dem Equine RSCX800 Science® Gurt mit integrierten Elektroden durchgeführt (Firma Polar Elektro Oy, Kempele, Finnland). Der dazugehörige Sender Wearlink® sendete die HF zur Polar Uhr RS800®, welche die Werte einmal pro Minute (min) speicherte. Ein Vorläufersystem derselben Firma hielt beim Vergleich zur Ableitung der HF mittels EKG stand (HOPSTER und BLOCKHUIS 1994).

Die Tiere wurden nach dem Melken morgens im Fressgitter fixiert. Elementar für die Messung war ein guter und dauerhafter Kontakt der Elektroden zur Haut. Dies wurde sowohl durch saubere Elektroden als auch durch eine gründliche Reinigung und Entfettung des Fells und der Haut mit Wasser und Spülmittel erreicht. Der Gurt wurde nach der Reinigung und Entfettung eine Handbreit hinter der höchsten Stelle des Widerristes angelegt und hinter den Vordergliedmaßen um die Brust der Kuh geschnallt. Eine Elektrode befand sich in Herzhöhe, die andere saß, je nach Tiefe des Brustkorbes, ein bis zwei Handbreit unterhalb der Rückenlinie auf der linken Seite des Tieres (s. Abbildung 2). Der Wearlink® wurde zwischen den Elektroden mit Hilfe eines Druckknopfes und eines Klettverschlusses befestigt. Die Elektroden, das darunterliegende Fell und die Haut wurden mit Hilfe einer Sprühflasche gut mit Wasser befeuchtet. Über den Equine RSCX800 Science® Gurt wurde ein handelsüblicher Deckengurt für Pferde gespannt. Mit Klebeband wurde an diesem Gurt die Uhr befestigt. Um den Deckengurt wurden zwei bis drei Lagen Frischhaltefolie gewickelt, um ein Austrocknen der Elektroden über die lange Messdauer zu verhindern. Um Druckstellen vorzubeugen, wurden die Gurte jeweils seitlich der Dornfortsätze der Brustwirbel durch Schaumstoffrollen gepolstert. Bis auf wenige Ausnahmen wurde die Uhr jeden Tag nach dem Morgenmelken

abgelesen und die Messwerte in das Computerprogramm Polar Pro Trainer Equine Edition 5[®] übertragen. Mit diesem Vorgehen konnten 24 h-Messungen vorgenommen werden.

Dauer der Messung:

Die Messung erfolgte an drei (Gruppe B) bis fünf (Gruppe A) aufeinanderfolgenden Tagen. Der mittlere Variationskoeffizient der HF war für die 3 d-Messungen der Kühe der Gruppe B 6,8 %, für die 5 d-Messungen der Kühe der Gruppe A 8,3 %.

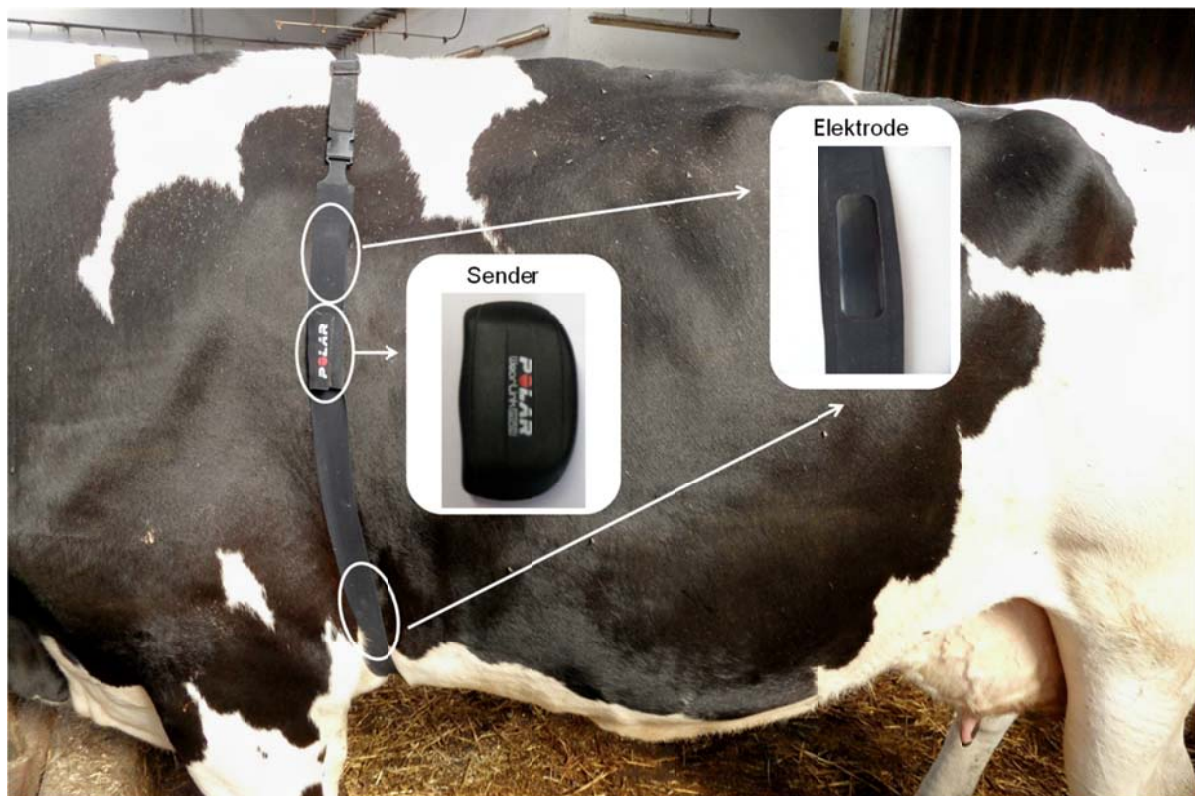


Abbildung 2: Lage des Equine RSCX800 Science[®] Gurt an der Kuh

3.5 Fütterung der Tiere im Versuchszeitraum

Während des Messzeitraumes wurden (in unterschiedlicher zeitlicher Abfolge und in verschiedener Kombination) die folgenden Grundfuttermittel eingesetzt: Grassilage, Maissilage, Pressschnitzel, Frischgras (als Weidegang), Heu, Stroh.

Alle Grundfuttermittel stammten aus betriebseigener Herstellung. Das Milchleistungsfutter (MLF) II Multilac 183 SM[®] wurde von der Firma Leicra (Leipzig, Deutschland) der Mais- und das Sojaextraktionsschrot wurden von der Firma ATR Landhandel (Sanitz, Deutschland) bezogen. Die laktierenden Kühe erhielten das Mineralfuttermittel Hohmin FG[®], die trockenstehenden Kühe das Mineralfuttermittel Hohmin T[®], beides von der Firma HOHBURG Mineralfutter GmbH (Hohburg/Sachsen, Deutschland). Die Roh Nährstoffgehalte der eingesetzten Futtermittel sind in Tabelle 9 dargestellt.

Während der Messungen wurden die folgenden Grundfuttermittel kombiniert (s. Tabelle 8).

Tabelle 8: Darstellung des Einsatzes der Grundfuttermittel

laktierende Kühe	trockenstehende Kühe
Grassilage und Heu	Grassilage, Stroh und Heu
Grassilage und Pressschnitzel	Grassilage, Pressschnitzel und Heu
Grassilage, Pressschnitzel und Heu	
Grassilage, Frischgras (Weide) und Heu	
Grassilage, Maissilage und Heu	

Die Grundfuttermittel wurden den Kühen auf dem Futtergang zusammen mit Maisschrot und Sojaextraktionsschrot vorgelegt. Das MLF wurde bei den laktierenden Kühen über einen Kraftfutterautomaten mit Transponder abgerufen, die trockenstehenden Tiere erhielten eine individuelle, manuelle Kraftfutterzuteilung. Die trockenstehende Kuh Nr. 7 (Stallnummer) erhielt an einem Tag während der HF-Messung eine unbestimmte Menge Quetschweizen anstelle des MLF, dieser Tag floss nicht in die Bewertung ein. Die Berechnung und Erstellung der Ration erfolgte nach der Milchleistung der Tiere in kg FCM. Hier wurden die Kühe in folgende Leistungsgruppen eingeteilt:

- trockenstehend,
- 15 kg FCM,
- 20 kg FCM,
- 25 kg FCM,
- 30 kg FCM,
- 40 kg FCM,
- 45 kg FCM.

Für jede Leistungsgruppe wurden durch die Rationskalkulationen die genauen Mengen des Grundfutters, des MLF, sowie des Mais- und des Sojaextraktionsschrotes festgelegt. Die Aufnahme des Grundfutters wurde in den höherlaktierenden Gruppen bei jedem Futterwechsel überprüft, die Menge des Mais-, des Sojaextraktionsschrotes und des MLF nach jeder Milchkontrolle alle vier Wochen korrigiert. Hierzu wurden sowohl die Milchleistung in kg FCM als auch der Body Condition Score (BCS) des Einzeltieres zur Korrektur herangezogen.

3.6 Entnahme und Analyse der Futterproben

Sowohl beim Wechsel einer Charge als auch bei jeder neuen Lieferung wurde eine Futterprobe von jedem Futtermittel genommen und analysiert. Von zwei Chargen des MLF (Juni und August 2011) entfiel die Probenahme, hierfür wurde der Mittelwert der übrigen Proben des MLF angenommen, in der Tabelle als „MLF gesamt“ benannt. Die Rohnährstoffe

wurden im institutseigenen Labor nach den Prinzipien der Weender Analyse (NAUMANN 1976) ermittelt.

3.6.1 Vorbereitung der Futterproben

Feuchtes Futter, wie die Gras- und Maissilage und das Frischgras wurde bei 60°C über 12 h vorgetrocknet und so die lufttrockene Substanz (LTS) bestimmt. Das getrocknete Futter wurde dann auf 1 mm gemahlen. Futter mit einem hohen Anteil an Trockensubstanz (TS), wie der Maisschrot, das Sojaextraktionsschrot, das MLF, das Heu und das Stroh, wurde ohne Vortrocknung auf 1 mm gemahlen. Für die nachstehenden Bestimmungen wurde immer mit dem gemahlenen Futter gearbeitet.

3.6.2 Bestimmung der Trockensubstanz

In geöffneten Aluschälchen wurden 3 g der Futterproben bei 105°C 3 h im Trockenschrank Thermocenter TC 100 (Firma Rotkreuz, Schweiz) getrocknet.

3.6.3 Bestimmung der Rohasche

3 bis 5 g der Futterproben wurden in Porzellantiegel eingewogen und 6 h bei 600 °C im Muffelofen (Firma Nabertherm, Lilienthal, Deutschland) verascht und so die Rohasche (Ra) erhalten.

3.6.4 Bestimmung der organischen Substanz

Der Anteil der organischen Substanz (oS) an der TS wurde mit Hilfe der Ra rechnerisch ermittelt: $oS = TS - Ra$

3.6.5 Bestimmung des Rohproteins

0,5 g der Futterproben wurde in Stahltiegel eingewogen und der N-Gehalt im vollautomatischen Stickstoffanalysator Macro N (Firma Heraeus, Hanau, Deutschland) ermittelt. Die Bestimmung beruht auf der Verbrennungsmethode nach Dumas (s. DONHAUSER und BRIEM 1992). Die zu analysierende Substanz wurde in einer reinen CO₂-Atmosphäre erhitzt. Sie wurde mit Kupferoxid gemischt, welches den für die Verbrennung notwendigen O₂ lieferte. Die bei der Verbrennung entstehenden Stickoxide wurden an einem Kupferkontakt quantitativ zu N reduziert. Die sonstigen entstehenden Reaktionsgase (z.B. flüchtige Halogen- und Schwefelverbindungen) wurden chemisch gebunden. Übrig blieb ein Gasgemisch aus CO₂, Wasser und elementarem N, welches getrocknet wurde. Das Gasgemisch aus CO₂ und N wurde einer Detektionseinheit zugeführt, in diesem Falle eine empfindliche Wärmeleitfähigkeitsmesszelle, und der N-Gehalt ermittelt. Über den N-Gehalt konnte durch Multiplikation mit dem Faktor 6,25 der Gehalt an Rohprotein (Rp) bestimmt werden, da der N-Gehalt im Protein im Mittel 16 % beträgt.

3.6.6 Bestimmung des Rohfetts

1 g der Futterprobe wurde 30 min in 4n HCl hydrolysiert (Hydrolyseeinheit des Soxtec Systems®, Firma Foss, Rellingen, Deutschland), danach filtriert und 12 h getrocknet. Im Anschluss erfolgte die 70minütige Heiextraktion mit Petroläther (Extraktionseinheit des Soxtec Systems®, Firma Foss).

3.6.7 Bestimmung der Rohfaser

Die Rohfaser (Rfa) ist der in verdünnten Säuren und Laugen unlösliche fett- und aschefreie Rückstand. 0,8 bis 1 g der Futterprobe wurde jeweils 30 min in 1,25 %iger H₂SO₄ und 1,25 %iger KOH gekocht und mit heißem destilliertem Wasser mehrfach gesplt (Heiextraktionseinheit des Fibertec®, Firma Tectator, Rellingen, Deutschland). Anschließend wurden die Proben in die Kaltextraktionseinheit überführt und zur Fettlösung dort erneut zweimal mit Aceton gewaschen. Der Rückstand (bestehend aus Rfa und Ra) wurde vor und nach Trocknung im Muffelofen gewogen. Übrig blieb die Ra. Der Rfa-Gehalt wurde durch Differenzbildung bestimmt.

3.6.8 Bestimmung der stickstofffreien Extraktstoffe

Die stickstofffreien Extraktstoffe (NfE) sind Zucker, Polysaccharide, lösliche Teile von Zellulose, Hemizellulose, Lignin und Pektinen, ihr Anteil wurde rechnerisch ermittelt:

$$\text{NfE} = \text{TS} - (\text{Ra} + \text{Rp} + \text{Rfa} + \text{Rfe}).$$

3.6.9 Zusammenfassung

Die einzelnen Futtermittel und ihre Ergebnisse der Weender Analyse sind in Tabelle 9 zusammengefasst.

Tabelle 9: Rohnährstoffgehalte der verwendeten Futtermittel (% bzw. % TS)

Futtermittel	Datum der Probenahme	TS	oS	Ra	Rp	Rfa	Rfe	NfE
		in %	in % TS					
Grassilage	12.05.10	24,4	89,6	10,4	13,7	32,1	2,55	41,3
Grassilage	02.04.11	38,4	91,7	8,31	8,39	25,5	1,53	56,3
Grassilage	13.04.11	38,9	92,0	8,01	7,91	27,1	1,70	55,3
Grassilage	20.07.11	24,8	82,8	17,2	14,7	30,5	2,09	35,6
Grassilage	02.08.11	51,3	92,9	7,13	9,75	27,1	2,54	53,5
Grassilage	17.10.11	51,9	93,0	7,05	10,1	33,9	1,30	47,6
Grassilage	08.11.11	58,2	92,2	7,82	16,0	23,1	3,15	49,9
Grassilage	13.02.12	48,4	82,5	17,5	11,4	28,4	2,79	40,0
Pressschnitzel	12.05.10	22,2	94,8	5,23	8,10	19,5	0,93	66,2
Pressschnitzel	02.04.11	22,4	92,8	7,20	8,91	19,7	0,26	63,9
Maissilage	08.11.11	33,7	96,1	3,86	8,55	17,1	2,59	68,0
Frischgras	22.07.11	26,1	91,1	8,87	22,9	27,9	3,88	36,4

Fortsetzung Tabelle 9: Rohrnährstoffgehalte der verwendeten Futtermittel (% bzw. % TS)

Futtermittel	Datum der Probenahme	TS	oS	Ra	Rp	Rfa	Rfe	NfE
		in %	in % TS					
Frischgras	01.08.11	17,5	91,1	8,88	19,2	27,2	4,93	40,0
Frischgras	15.08.11	15,5	91,2	8,84	20,2	25,8	4,62	40,5
Frischgras	31.08.11	30,5	91,1	8,86	16,2	27,1	4,26	43,6
Frischgras	13.09.11	29,8	91,2	8,81	18,1	26,7	4,63	41,7
Frischgras	25.09.11	24,9	90,1	9,95	22,0	26,5	3,32	38,2
Frischgras	10.10.11	16,3	89,0	11,0	22,8	27,4	3,28	35,5
Heu	14.05.10	93,3	93,0	7,02	4,59	37,4	0,56	50,4
Heu	29.04.11	92,4	93,3	6,68	7,59	34,2	0,85	50,7
Heu	27.10.11	91,3	87,3	12,7	13,0	29,8	2,17	42,4
Heu	31.01.12	93,3	91,8	8,16	13,0	32,3	2,67	43,8
Weizenstroh	21.07.11	97,2	94,3	5,74	2,51	49,4	0,84	41,6
Sojaextr.schrot ¹	12.05.10	90,6	92,6	7,39	48,8	8,57	0,94	34,3
Sojaextr.schrot ¹	02.04.11	85,5	93,2	6,77	51,5	6,68	2,74	32,3
Sojaextr.schrot ¹	19.04.11	89,4	93,3	6,73	52,7	7,20	1,05	32,3
Sojaextr.schrot ¹	22.06.11	89,5	93,1	6,88	50,9	7,89	2,07	31,6
Sojaextr.schrot ¹	01.09.11	89,5	93,1	6,90	52,5	6,80	2,41	31,4
Sojaextr.schrot ¹	16.10.11	89,9	93,1	6,88	53,8	3,48	3,04	32,8
Sojaextr.schrot ¹	21.11.11	88,9	92,9	7,06	53,9	7,08	2,77	29,2
Sojaextr.schrot ¹	04.01.12	88,5	93,6	6,38	52,3	6,88	2,10	32,3
Maisschrot	12.05.10	90,0	98,5	1,48	9,4	2,87	2,25	84,0
Maisschrot	14.05.10	88,9	98,5	1,46	9,52	2,66	2,39	84,0
Maisschrot	02.04.11	84,7	98,2	1,82	10,1	2,61	2,95	82,5
Maisschrot	08.04.11	95,4	98,2	1,84	9,74	8,46	1,77	78,2
Maisschrot	22.06.11	88,9	97,9	2,13	9,98	4,31	3,66	79,9
Maisschrot	10.07.11	87,5	98,0	2,01	10,1	3,90	2,13	81,8
Maisschrot	01.09.11	93,7	98,1	1,94	9,43	2,73	3,49	82,4
Maisschrot	16.10.11	92,7	98,1	1,89	10,9	6,64	3,84	76,7
Maisschrot	21.11.11	88,0	98,1	1,92	9,76	4,47	3,16	80,7
Maisschrot	21.12.11	87,7	98,2	1,79	9,57	2,77	1,72	84,2
Maisschrot	26.01.12	86,6	100,2	1,88	10,5	2,70	4,38	82,5
MLF 18/3	12.05.10	90,4	94,1	5,90	18,4	8,49	2,46	64,7
MLF 18/3	02.04.11	86,0	92,9	7,11	20,1	10,9	3,07	58,9
MLF 18/3	26.05.11	90,6	93,1	6,89	20,6	12,2	3,59	56,7
MLF 18/3	09.06.11	91,5	93,6	6,38	20,4	13,7	2,63	57,0
MLF 18/3	22.07.11	91,9	93,5	6,52	19,5	12,7	3,06	58,2
MLF 18/3	10.10.11	88,7	94,1	5,93	20,2	9,83	2,65	61,4
MLF 18/3	21.11.11	88,9	94,0	6,00	20,4	9,52	2,94	61,2
MLF 18/3	21.12.11	87,3	94,0	6,02	19,6	9,37	2,67	62,3
MLF 18/3	05.01.12	87,0	94,0	5,97	19,9	9,57	2,51	62,0
MLF 18/3	31.01.12	88,4	94,2	5,76	19,4	9,24	2,29	63,3
MLF 18/3	gesamt ²	89,1	92,5	6,15	19,6	10,4	2,74	59,8

¹Sojaextraktionsschrot²s. Kapitel 3.6

3.7 Grundlagen zur Berechnung von Parametern des Energiehaushaltes

3.7.1 Berechnung der NEL-Aufnahme und des NEL-Bedarfs pro Kuh

NEL-Aufnahme

Die aufgenommene Menge jedes Futtermittels wurde mit dem NEL-Gehalt des Futtermittels multipliziert.

NEL-Bedarf

Der Bedarf der Kühe an NEL (MJ) wurde nach dem Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GFE 2001a) berechnet (s. Kapitel 2.1) Aus der Differenz von NEL-Aufnahme und NEL-Bedarf wurde die Energiebilanz pro Tier (MJ NEL) bestimmt.

3.7.2 Berechnung der NEL der Futtermittel (VAN ES 1975; KAMPHUES et al. 2009a)

$$\text{NEL (MJ/kg)} = 0,6 (1 + 0,004 (q - 57)) \text{ ME (MJ/kg)}$$

q ist die Umsetzbarkeit der Energie und ergibt sich wie folgt: $q = \text{ME/GE} \cdot 100$

3.7.3 Berechnung der ME der Futtermittel

Grassilage (KAMPHUES et al. 2009a)

Erster Schnitt:

$$\text{ME (MJ/kg)} = 13,99 - 0,01193 \text{ Rfa (g/kg)} + 0,00393 \text{ Rp (g/kg)} - 0,01177 \text{ Ra (g/kg)}$$

Folgeschnitte:

$$\text{ME (MJ/kg)} = 12,91 - 0,01003 \text{ Rfa (g/kg)} + 0,00689 \text{ Rp (g/kg)} - 0,01553 \text{ Ra (g/kg)}$$

Maissilage (KAMPHUES et al. 2009a)

$$\text{ME (MJ/kg)} = 14,03 - 0,01386 \text{ Rfa (g/kg)} - 0,01018 \text{ Ra (g/kg)}$$

Frischgras (KAMPHUES et al. 2009a)

Folgeschnitte:

$$\text{ME (MJ/kg)} = 12,47 - 0,00686 \text{ Rfa (g/kg)} + 0,00388 \text{ Rp (g/kg)} - 0,01335 \text{ Ra (g/kg)}$$

Heu (KAMPHUES et al. 2009a)

Erster Schnitt:

$$\text{ME (MJ/kg)} = 13,69 - 0,01624 \text{ Rfa (g/kg)} + 0,00693 \text{ Rp (g/kg)} - 0,0067 \text{ Ra (g/kg)}$$

Folgeschnitte:

$$\text{ME (MJ/kg)} = 14,05 - 0,01784 \text{ Rfa (g/kg)}$$

Pressschnitzel

Es wurde der Tabellenwert aus der Tabelle für Einzelfuttermittel (frisch bzw. siliert) für Wiederkäuer (KAMPHUES et al. 2009b) von 2,6 MJ ME/kg uS bei einer TS von 22% auf die jeweilige TS der gefütterten Pressschnitzel umgerechnet.

Weizenstroh

Es wurde der Tabellenwert aus der Tabelle für Einzelfuttermittel (frisch bzw. siliert) für Wiederkäuer (KAMPHUES et al. 2009b) von 5,5 MJ ME/kg uS bei einer TS von 86% auf die jeweilige TS des gefütterten Weizenstrohs umgerechnet.

Maisschrot

Es wurde der Tabellenwert aus der Tabelle für Einzelfuttermittel (frisch bzw. siliert) für Wiederkäuer (KAMPHUES et al. 2009b) von 11,7 MJ ME/kg uS bei einer TS von 88% auf die jeweilige TS der gefütterten Maisschrote umgerechnet.

Sojaextraktionsschrot

Es wurde der Tabellenwert aus der Tabelle für Einzelfuttermittel (frisch bzw. siliert) für Wiederkäuer (KAMPHUES et al. 2009b) von 12,1 MJ ME/kg uS bei einer TS von 88% auf die jeweilige TS der gefütterten Sojaextraktionsschrote umgerechnet.

Milchleistungsfutter II (Untersuchungen im Fremdlabor)

Es wurden zwei Mischproben an das Boden- und Futtermittellabor der Landwirtschaftlichen Kommunikations- und Service-GmbH (Lichtenwalde, Deutschland) gesandt und dort der Gehalt an Rohnährstoffen ermittelt. Zusätzlich wurden Stärke, Zucker und Säure-Detergentien-Faser (ADFom) bestimmt. Ebenso wurde bei den Proben die Gasbildung nach dem Hohenheimer Futtertest (HFT) durchgeführt. Die ME wurde nach der Schätzgleichung gem. § 13 Abs. 1 und Anlage 4 der Futtermittelverordnung, 10. Änderungsverordnung 2010 (Mischfuttermittel für Milchvieh) berechnet (s. Tabelle A-3).

3.7.4 Berechnung der GE der Futtermittel (KIRCHGESSNER 1995)

$$GE \text{ (MJ/kg)} = 0,0239 R_p \text{ (g/kg)} + 0,0398 R_{fe} \text{ (g/kg)} + 0,0201 R_{fa} \text{ (g/kg)} + 0,0175 N_{fE} \text{ (g/kg)}$$

3.8 Berechnung der Aufnahme und des Bedarfs des nutzbaren Rohproteins am Duodenum

Aufnahme des nutzbaren Rohproteins am Duodenum (nRp)

Der nRp-Gehalt der Futtermittel wurde mit folgender Formel berechnet (GFE 2001b; KAMPHUES et al. 2009c):

$$\text{nRp (g)} = (11,93 - 6,82 * \text{UDP (g)} / \text{Rp (g)}) * \text{ME (MJ)} + 1,03 * \text{UDP (g)},$$

mit nRp = nutzbares Rohprotein am Duodenum,

UDP (unabgebautes Futterrohprotein, g) = Rp (g) * ((100 – VoS (%))/100) und

VoS (Verdaulichkeit der organischen Substanz, %) = 90 - 0,88 * Rfa-Gehalt (% der Futter-TS).

Die Gehalte an nRp jedes Futtermittels wurden mit der aufgenommenen Menge pro Kuh multipliziert.

nRp-Bedarf

Der Bedarf an nRp wurde nach Tabellenangaben des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie bestimmt (GFE 2001b).

3.9 Berechnungen zum Sauerstoffverbrauch

Der O₂P aus den Ergebnissen der vorhandenen Literatur (s. Tabelle 3) wurde durch Bildung des Mittelwertes von 20 Kühen mit einer Milchleistung von 15,0 bis 45,9 kg FCM errechnet. Er beträgt 0,432 ml O₂/(kg^{0,75} * Herzschlag). Aus diesem Wert und den eigenen Ergebnissen wurden die folgenden Parameter berechnet.

Gesamtsauerstoffverbrauch (l/d)

$$\text{VO}_2 = 0,432 \text{ ml O}_2 / (\text{kg}^{0,75} * \text{Herzschlag}) * \text{HF} * \text{KM}^{0,75},$$

Sauerstoffverbrauch (l/d), der für die Milchleistung verbraucht wird (VO₂ Leistung)

Erhaltungsbedarf (MJ ME) = Erhaltungsbedarf (MJ NEL)/0,6; dieser wird nach KLEIBER (1967a) in VO₂ für die Erhaltung ausgedrückt und diese Größe vom Gesamt-VO₂ pro Kuh abgezogen,

Sauerstoffverbrauch pro kg FCM (l/kg FCM)

$$\text{VO}_2 / \text{kg FCM (l/kg)} = \text{VO}_2 \text{ Leistung (l)} / \text{kg FCM}.$$

3.10 Berechnung der Milchmenge in kg FCM (WEISS 2008)

Die tägliche Milchleistung der Kühe wurde mit folgender Formel auf 4% Fett und 3,4% Eiweiß korrigiert:

$$\text{FCM (kg)} = \text{Milchmenge (kg)} * (0,38 * \text{Fett\%} + 0,21 * \text{Eiweiß\%} + 1,05) / 3,28.$$

3.11 Erhebung weiterer Daten während der Messung

Körpermasse

Die KM der laktierenden Tiere wurde mit Hilfe des Wägeterminals IT 9000 (Firma SysTec GmbH, Frechen, Deutschland) ermittelt. Die KM der trächtigen Tiere wurde aufgrund der fortgeschrittenen Trächtigkeit geschätzt. Die KM der Tiere des Abschnitts A wurde einmal vor jeder Messung bestimmt, die KM der Kühe des Abschnitts B wurde im gesamten Messzeitraum zweimal ermittelt, vorzugsweise zu Beginn der Messungen und nach deren Ende.

Body Condition Scoring

Die Körperkondition der Tiere wurde unmittelbar vor jeder Messung mit Hilfe des BCS-Systems (sechs-Punkte-Skala von 0-5 nach STÖBER 2002) erfasst.

Milchleistung und Melkzeiten

Die Milchleistung und die Zeit im Melkstand wurde über das ALPRO® Herdenmanagementsystem alfalavalagri 999900-85 LG 00033 (Firma De Laval GmbH, Glinde, Deutschland) täglich erfasst.

Abgerufene Kraftfuttermenge

Die abgerufene Kraftfuttermenge wurde über das ALPRO® Herdenmanagementsystem alfalavalagri 999900-85 LG 00033 (Firma De Laval GmbH, Glinde, Deutschland) täglich erfasst. Die Portionsgröße variierte in Abhängigkeit vom Gesamtanspruch und von der bereits abgerufenen Kraftfuttermenge.

Körperinnentemperatur

Die Körperinnentemperatur (KIT) der Tiere wurde einmal täglich rektal mit dem Veterinär-Thermometer Typ VC 35 (Firma Scala Electronic GmbH, Stahnsdorf, Deutschland) gemessen.

Stalltemperatur und relative Luftfeuchtigkeit des Stalles

Während des gesamten Versuchszeitraumes wurden die Raumtemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit mit Hilfe eines Thermohygrographen des Typs 405 S (Firma VEB Feingerätebau, Drebach/Erzgebirge, Deutschland) in einer 24 h-Kurve aufgezeichnet.

Fett-, Eiweiß- und Harnstoffgehalt der Milch

Der Fett-, der Eiweiß- und der Harnstoffgehalt der Milch wurden der monatlichen Milchkontrolle (LKV Sachsen, Niederwiesa, Deutschland) entnommen.

Erkrankungen der Kühe

Änderungen des Gesundheitszustandes der Tiere wurden durch die bestandsbetreuenden Tierärzte der Ambulatorischen und Geburtshilflichen Klinik der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig diagnostiziert und therapiert. Befunde und Behandlungen der Tiere, die sich in einer Messzeit befanden, konnten auf diese Weise genau erfasst werden.

3.12 Statistische Verfahren

Die HF wurde minütlich gespeichert. In Einzelfällen gab es fehlende Messwerte von bis zu 3 min. Diese konnten durch das Computerprogramm Polar Pro Trainer Equine Edition 5® automatisch ausgeglichen werden. Diese Korrekturen hatten keine Auswirkungen auf die HF des gesamten Messtages. Sofern in der vorliegenden Arbeit keine anderen Angaben erfolgen, handelt es sich bei der Bezeichnung von Messperioden immer um die Versuchsnummer. Der Einsatz von Stallnummern der Kühe wurde im Einzelfall kenntlich gemacht.

Bei den Kühen 1 und 21 gab es an jeweils zwei Messtagen pro Kuh keine Messdaten im Zeitraum von 16 bis 30 min. Diese Fehlzeiten wurden in diesen vier speziellen Fällen wie folgt rekonstruiert: Der Minutenwert für die HF (HF min) wurde für jede Minute relativ zur mittleren HF des Tages (HF 24 h) gesetzt ($\text{HF min}/\text{HF 24 h}$). Für diesen relativen Wert wurden für die vollständigen Messtage für jede Zeit die MW gebildet. Die HF-Werte der Fehlzeiten an den entsprechenden Tagen zur entsprechenden Uhrzeit konnten wie folgt berechnet werden: $\text{MW} (\text{HF min}/\text{HF 24 h}) * \text{HF 24 h des Fehltages}$.

Bei Kuh 93 aus Gruppe (Gr.) A3 existierten nur drei Messtage anstelle von fünf. Die fehlenden zwei Messtage wurden wie im Beispiel oben rekonstruiert, die dazugehörigen Daten (Milchleistung, Fütterungsparameter) wurden aus den tatsächlichen drei Tagen durch Bildung des MW angenommen.

Zur besseren grafischen Darstellung der Daten wurden die ca. 1440 HF-Werte auf 96 Werte pro Messtag reduziert. Es wurden die MW für jeweils 15 aufeinanderfolgende Minutenwerte errechnet. So konnten bei den Kühen 1, 9, 17, 35 und 83 Fehlzeiten von 3 bis 16 min korrigiert werden. Zum Vergleich der grafischen Darstellung des HF-Tagesverlaufs aus den minütlichen gemessenen Werten mit der Darstellung des HF-Tagesverlaufes aus den datenreduzierten Werten wird auf Abbildung 8 in Kapitel 4.1.5.1 verwiesen. Der MW der HF des gesamten Tages dieser Kuh war bei beiden Darstellungsweisen gleich. Es ist zu erkennen, dass die Minima und Maxima aufgrund der Verwendung der MW bei der datenreduzierten Darstellung weniger ausgeprägt waren. Der Trend der Kurven stimmt allerdings überein, weshalb in den Abbildungen zum Tagesverlauf der Gruppen (s. Abbildungen 9, 12, 16, 17 und 18) immer mit den datenreduzierten HF-Werten gearbeitet wurde.

Es wurde außerdem eine Kernzeit bestimmt. Die Kernzeit ist die vollständige Messperiode in der Zeit von 11 bis 6 Uhr am darauffolgenden Tag. Die HF jeder Kuh wurde durch Bildung des MW der HF-Messung über drei Tage (Kühe des Abschnitts B) bzw. fünf Tage (Kühe des Abschnitts A) zur Kernzeit erhalten.

Die HF-Messungen der Kühe der Abschnitte A und B sind im Anhang B aufgeführt.

Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit Hilfe des Institutes für Medizinische Informatik, Statistik und Epidemiologie (IMISE) der Universität Leipzig. Hierbei wurden die folgenden Programme verwendet: Statistikprogramm Statistica® (Firma Statsoft®, Hamburg, Deutschland), Statistikfunktionen von Microsoft Excel 2007® (Firma Microsoft, Redmond, USA) und OpenOffice.org 3.2 (The Apache Software Foundation, USA). Die Parameter wurden mit dem Shapiro-Wilks W-Test auf Normalverteilung überprüft. Die Ergebnisse wurden als $MW \pm SD$ (normalverteilte Daten) und Median (MD), oberes (Q75) und unteres (Q25) Quartil (nicht normalverteilte Daten) angegeben. Die Einzelwerte wurden in den Tabellen des Anhangs (s. Tabelle A-1 bis A-15) aufgelistet. In den abgebildeten Tabellen und Abbildungen wurde die Überschreitungswahrscheinlichkeit (p-Wert) für die Gruppenvergleiche angegeben. Innerhalb der Gruppen (in Spalten) wurden statistisch abzusichernde Ergebnisse mit verschiedenen Kleinbuchstaben gekennzeichnet, zwischen den einzelnen Gruppen (in Zeilen) kennzeichneten verschiedene Symbole Werte mit einem signifikanten Unterschied. Die Grenze für signifikante Unterschiede war $p < 0,05$.

Statistische Methoden für normalverteilte Parameter

- Bestimmung des arithmetischen MW bei der Zusammenfassung von Einzelwerten,
- Bestimmung der SD als Maß der Streuung,
- Berechnung des mittleren Varianzkoeffizienten der HF zur Bestimmung der Streuung (Darstellung der Wiederholbarkeit der Messtage),
- t-Test für Vergleiche von zwei unabhängigen Gruppen,
- einfaktorielle Varianzanalyse mit Bestimmung des p-Wertes für den Mittelwertvergleich von mehreren Gruppen,
- Tukey-HSD-Test für Gruppenvergleiche bei $p < 0,05$.

Statistische Methoden für nicht normalverteilte Parameter

- Bestimmung des MD bei der Zusammenfassung von Einzelwerten,
- Bestimmung des Q75 und des Q25 als Maß der Streuung,
- Kruskal-Wallis-Test mit Bestimmung des p-Wertes für Gruppenvergleiche.

4 Ergebnisse

4.1 Abschnitt A

4.1.1 Gesundheitszustand

Während der HF-Messungen waren die Kühe klinisch gesund. Sie hatten im Versuchszeitraum eine mittlere KIT von $38,0 \pm 0,35^\circ\text{C}$. Die Minimaltemperatur aller Kühe des Abschnitts A war $37,1^\circ\text{C}$ und die Maximaltemperatur $38,6^\circ\text{C}$.

4.1.2 Leistung

Die Tiere des Abschnitts A wurden in trockenstehende Kühe (Gr. A1) und laktierende Kühe unterteilt. Die laktierenden Tiere wurden anhand steigender Milchleistung den Gruppen A2 bis A4 zugeordnet (s. Tabelle 10).

Tabelle 10: Gruppe A2-A4: Tägliche Milchleistung (kg FCM), Laktationstag und Milchinhaltsstoffe Fett (%), Eiweiß (%) und Harnstoff (mg/kg), n=17

Gr.	Milchleistung (kg FCM)	n	LT	Fett (%)			Eiweiß (%)			Harnstoff (mg/kg)		
	p<0,01			p=0,83			p<0,01			p=0,41		
	MW			Q25	MD	Q75	Q25	MD	Q75	Q25	MD	Q75
A2	24,0 ^a	4	209	4,16	4,39	4,81	4,04	4,09 ^a	4,22	180	190	230
A3	37,1 ^b	9	138	3,97	4,86	4,96	3,00	3,29 ^b	3,67	150	190	220
A4	47,7 ^c	4	56	4,17	4,87	5,61	3,11	3,12 ^b	3,43	135	150	195

In der Milch der Kühe des Abschnitts A war bei einer Milchleistung von 47,7 kg FCM und 56 Tagen p.p. ein Fettgehalt von 4,87 %, ein Eiweißgehalt von 3,12 % und ein Harnstoffgehalt von 150 mg/kg (Gr. A4) zu finden. Mit fortschreitender Laktationsdauer und abnehmender Milchleistung auf 24,0 kg FCM sank der Fettgehalt bis zum 209. LT auf 4,39%. Der Eiweißgehalt stieg auf 4,09% und der Harnstoffgehalt auf 190 mg/kg Milch (Gr. A2, s. Tabelle 10).

4.1.3 Trockensubstanz-, Energie- und Nährstoffaufnahme

Der unterschiedliche TS-Verzehr führte zu großen Differenzen in der Nährstoff- und Energieaufnahme. So kam es bei diesen Parametern zu signifikanten Unterschieden zwischen den trockenstehenden Kühen und den Tieren mit einer hohen oder sehr hohen Milchleistung. Zwischen den Gruppen der laktierenden Kühe (Gruppen A2 bis A4) waren diese Unterschiede statistisch nicht zu sichern.

4.1.3.1 Futter- bzw. Trockensubstanzaufnahme

Die trockenstehenden Kühe realisierten eine TS-Aufnahme von 12,5 kg/d (120 bis 22 d a.p.); hiervon entfielen 1,1 kg auf das Konzentrat (MLF bzw. Maisschrot). Die laktierenden Kühe des Abschnitts A zeigten eine analog zur Milchleistung abgestufte TS-Aufnahme. Bei einer mittleren Milchleistung von 47,7 kg FCM (Gr. A4) lag die TS-Aufnahme bei 23,1 kg und somit 2,3 kg höher als die TS-Aufnahme der Kühe mit einer Milchleistung von 37,1 kg FCM (Gr. A3) und 4,5 kg höher als die TS-Aufnahme der Kühe mit einer Milchleistung von 24,0 kg FCM (Gr. A2). Insgesamt fielen 54% (Gr. A2), 48% (Gr. A3) und 43% (Gr. A4) der TS-Aufnahme auf das Grundfutter (s. Tabelle 11).

Tabelle 11: Gruppe A1-A4: Trockensubstanzaufnahme der Gesamtration, des Grundfutters und der Konzentrate (kg/d), n=23

Gr.	n	TS-Aufnahme gesamt (kg/d)			TS-Aufnahme Grundfutter (kg/d)			TS -Aufnahme Konzentrate (kg/d)		
		p<0,01			p<0,01			p<0,01		
		Q25	MD	Q75	Q25	MD	Q75	Q25	MD	Q75
A1	6	12,3	12,5 ^a	14,8	11,4	11,4 ^a	12,9	0,89	1,12 ^a	1,91
A2	4	17,8	18,6 ^{ab}	19,7	10,0	10,1 ^{ab}	10,8	7,04	8,54 ^{ab}	9,59
A3	9	19,8	20,8 ^b	24,2	10,0	10,0 ^b	10,0	9,82	10,9 ^b	14,2
A4	4	21,2	23,1 ^b	23,6	9,92	9,93 ^b	10,0	11,2	13,1 ^b	13,6

4.1.3.2 Energieaufnahme und Energiebilanz

Die ME-Aufnahme schwankte von 121 MJ/d bei den trockenstehenden Kühen (Gr. A1) bis 259 MJ/d bei den hochlaktierenden Kühen (Gr. A4). Entsprechend verhielt sich die NEL-Aufnahme pro Tag (d). Hier variierten die Werte bei den trockenstehenden Kühen (Gr. A1) und den hochlaktierenden Tieren (Gr. A4) zwischen 72,5 und 172 MJ/d (s. Abbildung 3).

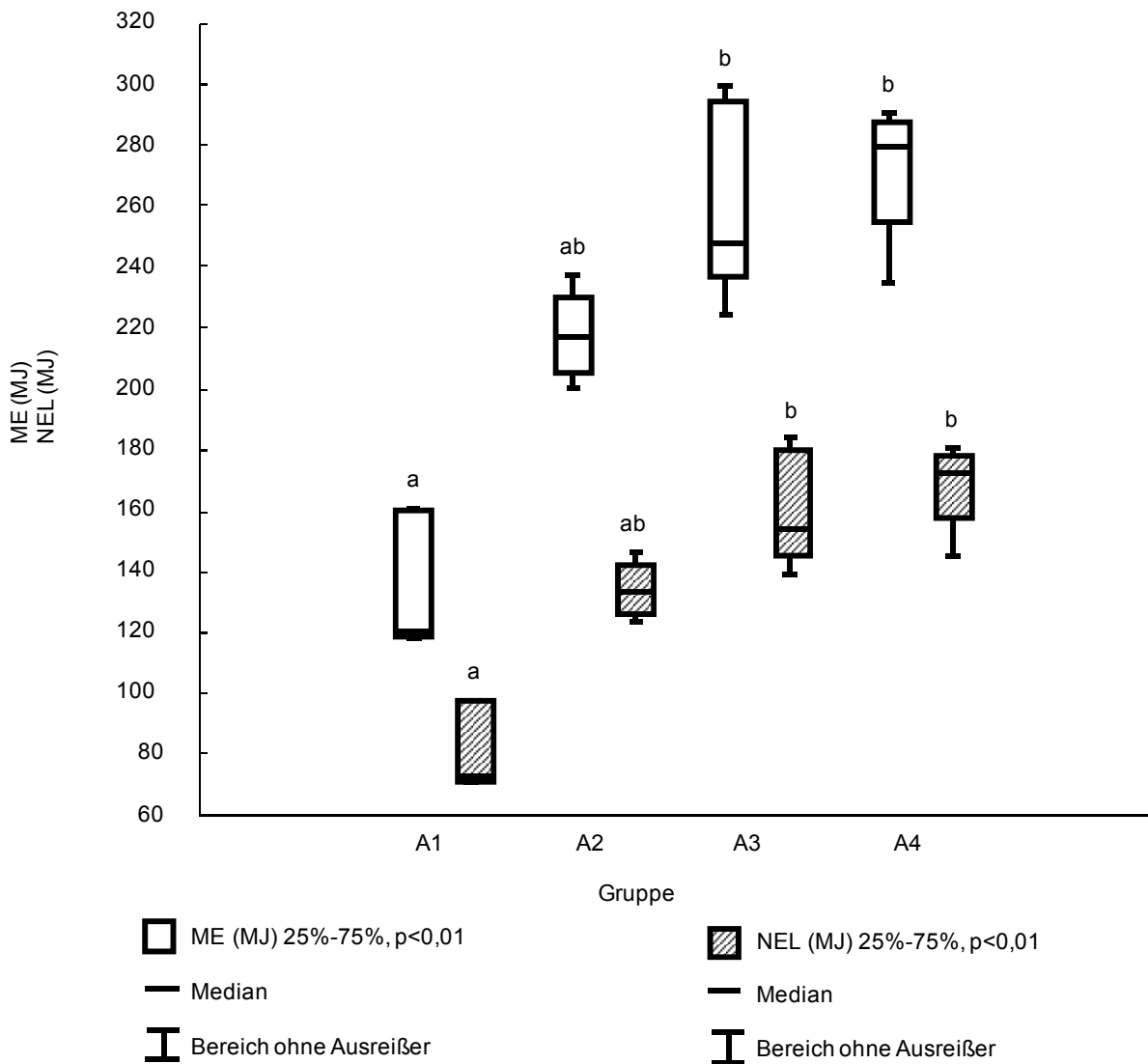


Abbildung 3: Gruppe A1-A4: ME- und NEL-Aufnahme (MJ), n=23

Aus Abbildung 4 ist ersichtlich, dass sich sowohl die trockenstehenden Tiere (Gr. A1) als auch die Tiere mit einer mittleren Milchleistung von 24,0 kg FCM (Gr. A2) mit Medianwerten von 23,0 und 13,8 MJ NEL in einer positiven Energiebilanz (PEB) befanden. Bei den Tieren, die sich in der Gruppe A3 befanden, war der MD mit 5,3 MJ NEL positiv, es ist aber durchaus der Großteil der Kühe dieser Gruppe in einer negativen Energiebilanz (NEB) zu finden (25%-75%: -21,8 bis 14,8 MJ NEL). Die Tiere mit der höchsten Leistung (Gr. A4) befanden sich zum Zeitpunkt der Messung mit Werten von -44,2 bis -17,3 MJ NEL (25%-75%) in einer NEB.

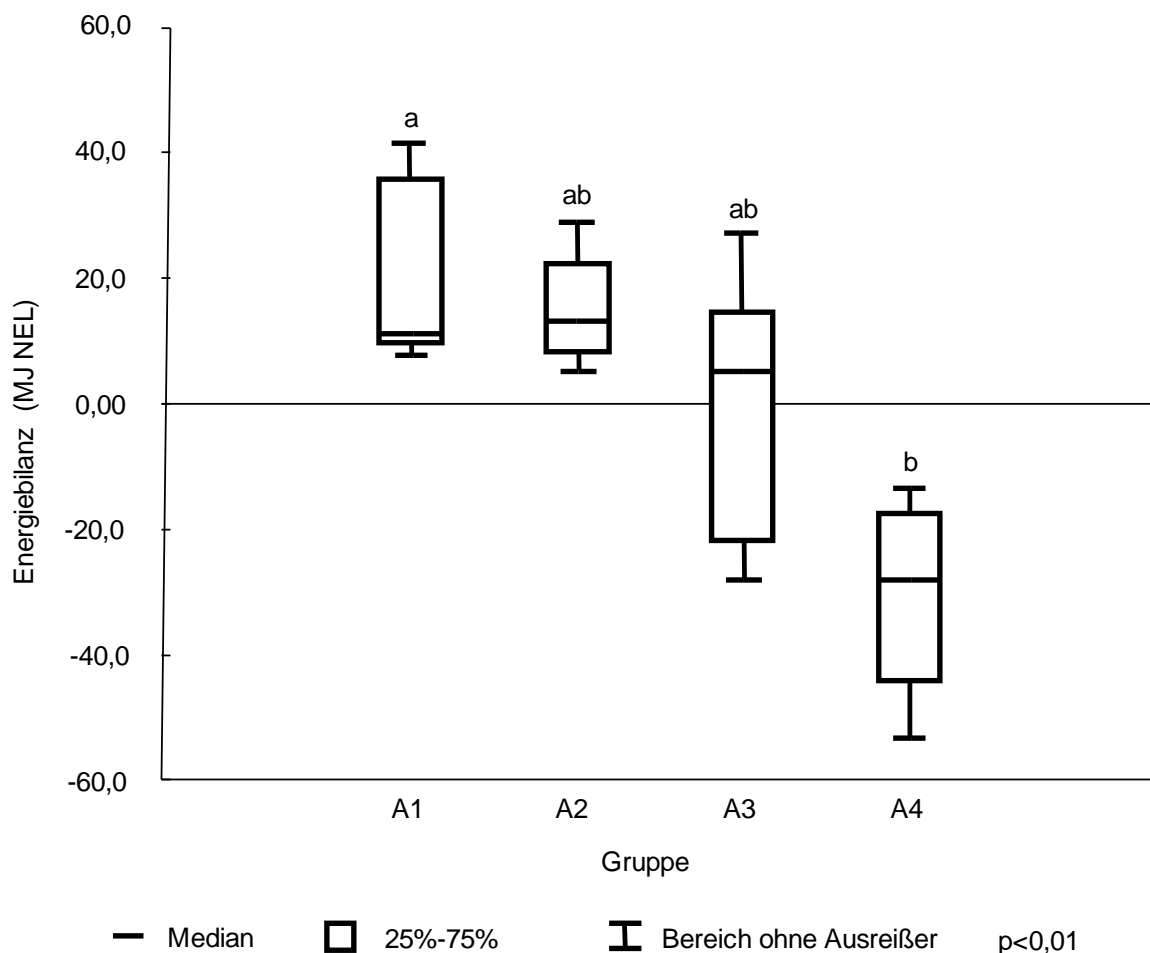


Abbildung 4: Gruppe A1-A4: Energiebilanz (MJ NEL), n=23

4.1.3.3 Nährstoffaufnahme (nRp)

Die nRp-Aufnahme variierte bei den trockenstehenden Tieren von 1457 bis 1974 g/d (Gr. A1, 25%-75%) bis 3208 bis 3634 g/d (Gr. A4, 25%-75%) bei den hochlaktierenden Tieren. Die Differenz aus nRp-Aufnahme und nRp-Bedarf lag bei den trockenstehenden Tieren (Gr. A1) mit 286 g/d und bei den niedriglaktierenden Tieren (Gr. A2) mit 273 g/d über dem Bedarf. Die Kühe mit mittlerer Milchleistung (Gr. A3) waren mit -71 g/d geringgradig, die Kühe mit hoher Milchleistung (Gr. A4) waren mit -964 g/d hochgradig an nRp unterversorgt (s. Tabelle 12).

Tabelle 12: Gruppe A1-A4: Nutzbares Rohprotein am Duodenum: Aufnahme, Bedarf und die Differenz aus Aufnahme und Bedarf (g/d), n=23

Gr.	n	nRp-Aufnahme (g/d)			Bedarf an nRp (g/d)			nRp-Aufnahme - nRp-Bedarf (g/d)		
		p<0,01			p<0,01			p=0,02		
		Q25	MD	Q75	Q25	MD	Q75	Q25	MD	Q75
A1	6	1457	1503 ^a	1974	1175	1228 ^a	1270	187	286 ^a	779
A2	4	2605	2776 ^{ab}	2967	2333	2416 ^{ab}	2591	189	273 ^{ab}	459
A3	9	3168	3200 ^b	3986	3434	3539 ^{bc}	3589	-501	-70,7 ^{ab}	395
A4	4	3208	3593 ^b	3634	4127	4345 ^c	4574	-1325	-964 ^b	-533

4.1.4 Körpermasse und Körperkondition

Die Kühe der Gruppen A1 bis A4 hatten ein Körpergewicht von 700 bis 860 kg.

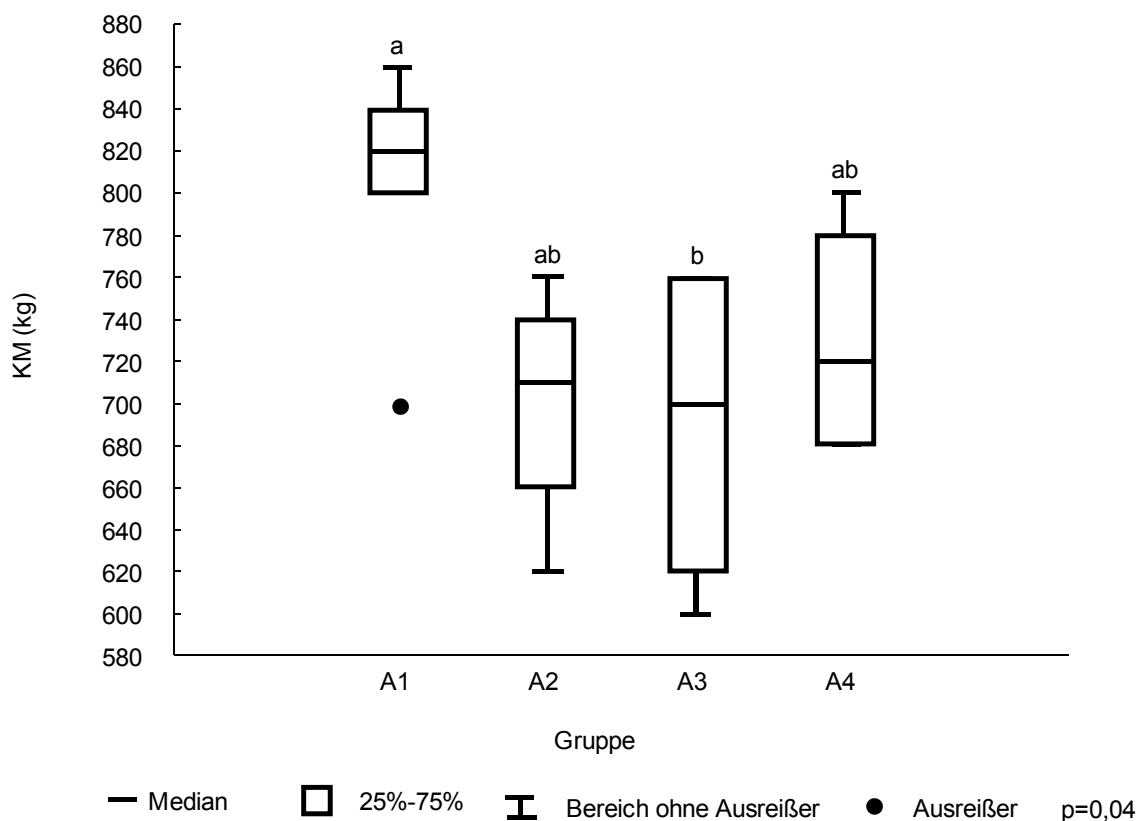


Abbildung 5: Gruppe A1-A4: Körpermasse der Kühe (kg), n=23

Die trockenstehenden Kühe (Gr. A1) wiesen mit 700 bis 860 kg die höchste KM auf (s. Abbildung 5). Die Tiere der Gruppen A2 und A3 lagen mit 620 bis 760 kg und 600 bis 760 kg in einer ähnlichen Gewichtsklasse, die Kühe der Gruppe A4 lagen mit 680 bis 800 kg darüber. Der Ausreißer in der Gruppe A1 (s. Abbildung 5) bei der Darstellung der KM war eine sehr kleine Kuh mit einer KM von 700 kg und BCS von 3,5.

In Abbildung 6 wird der BCS der Kühe dargestellt. Die trockenstehenden Tiere (Gr. A1) hatten einen BCS von 3,75, der BCS nahm dann mit steigender Milchleistung bis zu einem Wert von 2,25 bei den hochlaktierenden Tieren (Gr. A4) stetig ab. Der BCS der Kühe der Gruppen A1 bis A4 zeigte keine statistisch signifikanten Unterschiede. Die größte Variation des BCS war mit 1,4 bis 4 in der Gr. A2 zu finden. Der Ausreißer in der Gr. A1 war eine große, schmale Kuh mit einem BCS von 2 und einer KM von 800 kg.

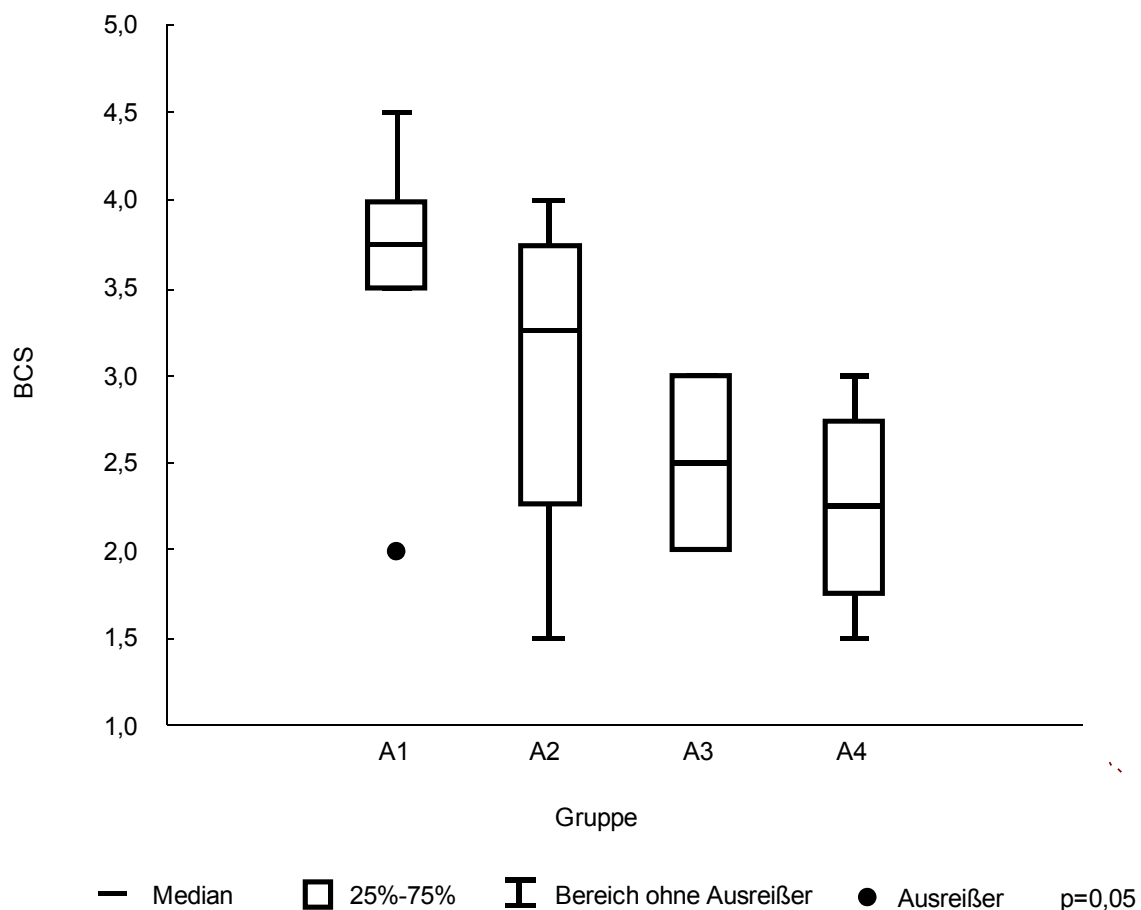


Abbildung 6: Gruppe A1-A4: Body Condition Score der Kühe, n=23

4.1.5 Ergebnisse der Herzfrequenz-Messungen

4.1.5.1 Tagesverlauf der Herzfrequenz von Einzelkühen

In Abbildung 7 ist der Tagesverlauf der HF am Beispiel einer trockenstehenden Kuh zu sehen. In dieser wurden die Einzelwerte der HF einmal pro Minute gemessen und auf der y-Achse abgetragen. Es zeigte sich über die dargestellten 24 h eine große Streuung der HF um den Mittelwert des Tages (94 Schläge/min). Tagsüber war eine deutliche Abgrenzung der Ruhe- von den Aktivitätsphasen, als Minima und Maxima erkennbar, zu erkennen.

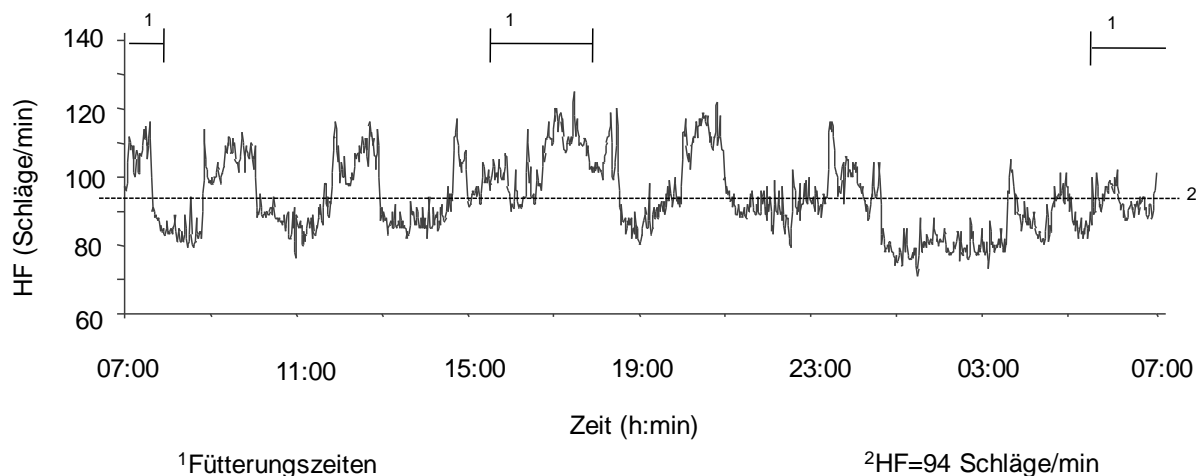


Abbildung 7: Kuh Nr. 94, Gruppe A1: 24 h-Verlauf der Herzfrequenz (Schläge/min), 05.06.-06.06.11, 6:57-7:03 Uhr

Im Gegensatz dazu findet man in Abbildung 8 den Tagesverlauf der Kuh Nr. 36 mit einer Tagesleistung 47,4 kg FCM.

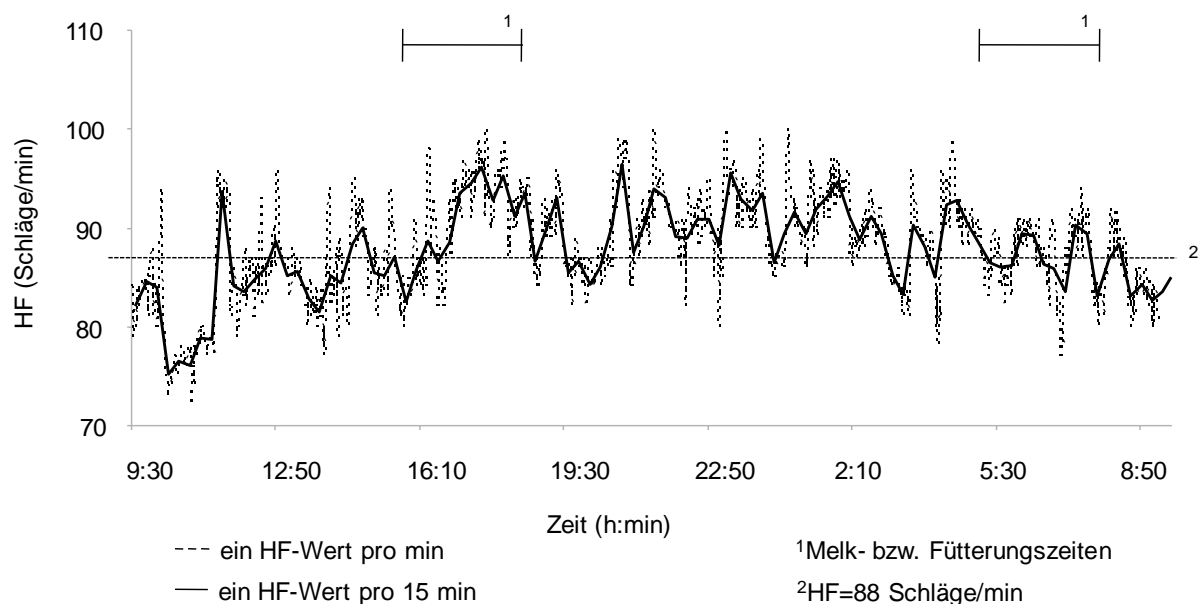


Abbildung 8: Kuh Nr. 36, Gruppe A4: 24 h-Verlauf der Herzfrequenz (Schläge/min), 06.04.-07.04.11, 9:31-9:34 Uhr

Es fällt auf, dass die Ruhe- und Aktivitätsphasen wesentlich kürzer sind als bei der trockenstehenden Kuh. Es handelt sich hier um Spitzen, nicht um Plateaus. Ein Unterschied zwischen Tag- und Nachtrhythmus ist nicht erkennbar.

In Abbildung 8 wird auch der Vergleich der Darstellung des HF-Tagesverlaufs aus den minütlichen gemessenen Werten (gestrichelte Linie) mit der des HF-Tagesverlaufs aus den datenreduzierten Werten (durchgezogene Linie) dargestellt (s. Kapitel 3.12). Der Tagesverlauf der HF der Gruppen dieses Kapitels (s. Abbildungen 9, 12, 16, 17 und 18) wird mit den datenreduzierten HF-Werten abgebildet.

4.1.5.2 Tagesverlauf der Herzfrequenz der Gruppen A1, A2 und A4

Zur Darstellung des Tagesverlaufs der HF sind in Abbildung 9 die trockenstehenden Kühe (Gr. A1), Kühe mit geringer Milchleistung (Gr. A2) und Kühe mit sehr hoher Milchleistung (Gr. A4) in der Kernzeit von 11:00 bis 6:00 Uhr (s. Kapitel 3.5.4) abgebildet.

Die HF erfuhr über 24 h bei allen Gruppen einen ähnlichen Verlauf mit erheblicher Variation. Es ist ein Unterschied zwischen Ruhephasen und Aktivitätsphasen zu erkennen. In den Ruhephasen waren die Tiere im Stall zumeist ungestört, zu den Aktivitätsphasen gehörten die beiden Melk- und Fütterungszeiten von 5:00 bis ca. 8:00 Uhr und von 15:00 bis ca. 17:30 Uhr. Die hier dargestellten Gruppen erfuhren in der Abendmelkzeit eine HF-Erhöhung ab ca. 16:00 Uhr. Bis ca. 21:00 Uhr wiesen die Trockensteher (Gr. A1) die größte HF und die hochlaktierenden Kühe (Gr. A4) die niedrigste HF auf. Sowohl in den Ruhephasen am späten Vormittag und Mittag als auch in der Nacht lagen die HF-Werte der niedrig- und der hochlaktierenden Tiere über der HF der trockenstehenden Kühe. Es zeigte sich in den Ruhephasen eine Abstufung der HF in Abhängigkeit von der Leistung. Aus diesem Grund wurde die HF im Zeitraum von 2:00 bis 4:00 Uhr gesondert betrachtet und erneute MW für jede Gruppe gebildet. Es ergaben sich hier numerisch deutlichere Unterschiede zwischen den Leistungsgruppen, statistisch waren diese Unterschiede nicht signifikant ($p=0,32$).

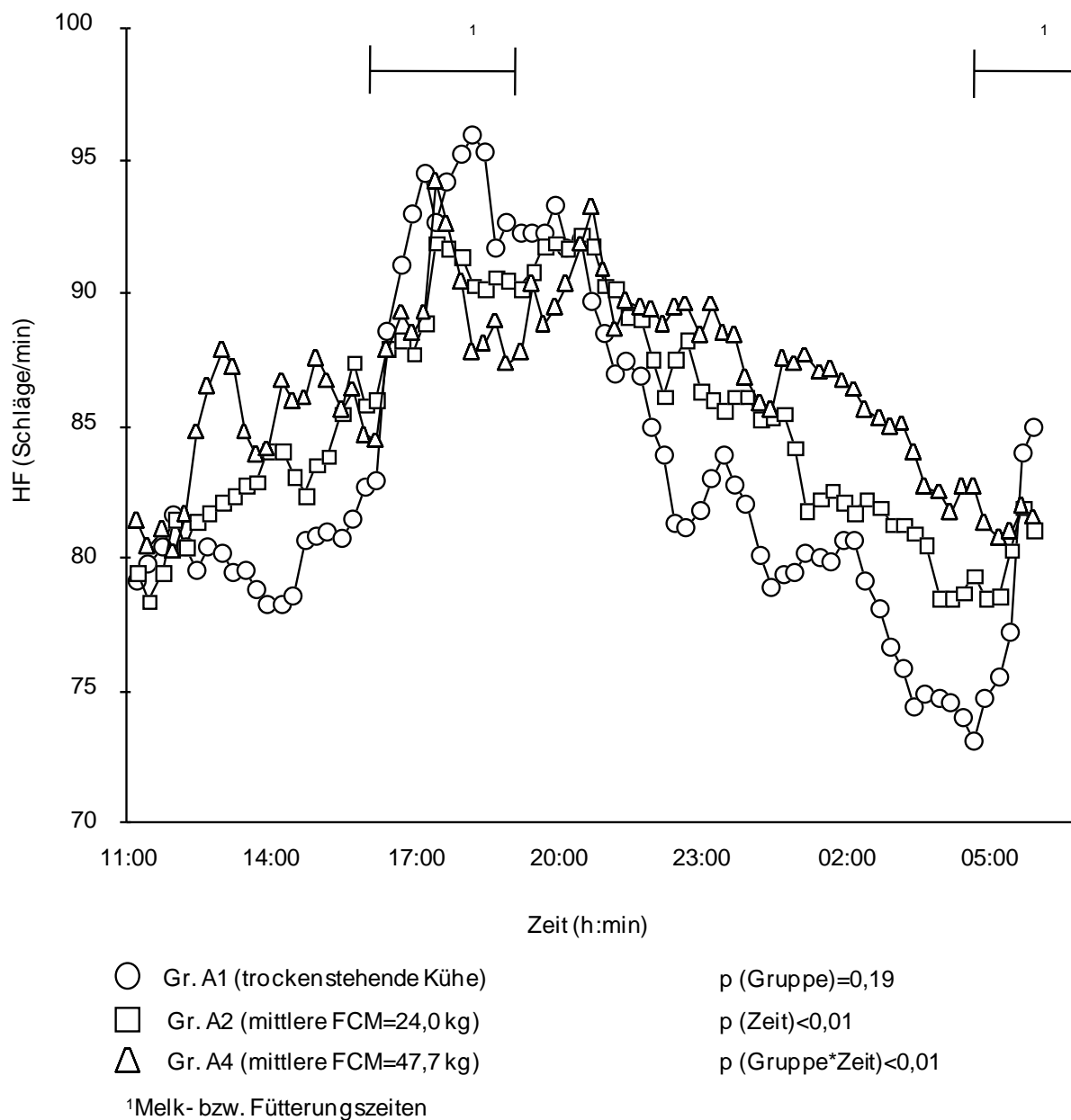


Abbildung 9: Gruppe A1, A2 und A4: 24 h-Profil der Herzfrequenz (Schläge/min), n=14

4.1.5.3 Mittlere Herzfrequenz der Gruppen A1 bis A4

Die mittlere HF der Gruppen A1 bis A4 reichte von 83 ± 8 Schläge/min (Gr. A1) bis 87 ± 2 Schläge/min (Gr. A4, s. Abbildung 10). Zwischen den Gruppen war in Abhängigkeit von der Leistung kein signifikanter Unterschied zu verzeichnen. Die schwache Korrelation von HF und Milchleistung mit $r^2=0,01$ (r^2 = Bestimmtheitsmaß) ist in Abbildung 11 dargestellt. Die HF der trockenstehenden Kühe (Gr. A1) variierte kaum zu der HF der laktierenden Tiere (Gruppen A2 bis A4, s. Abbildung 10). Die Streuung der HF nahm mit steigender Milchleistung ab.

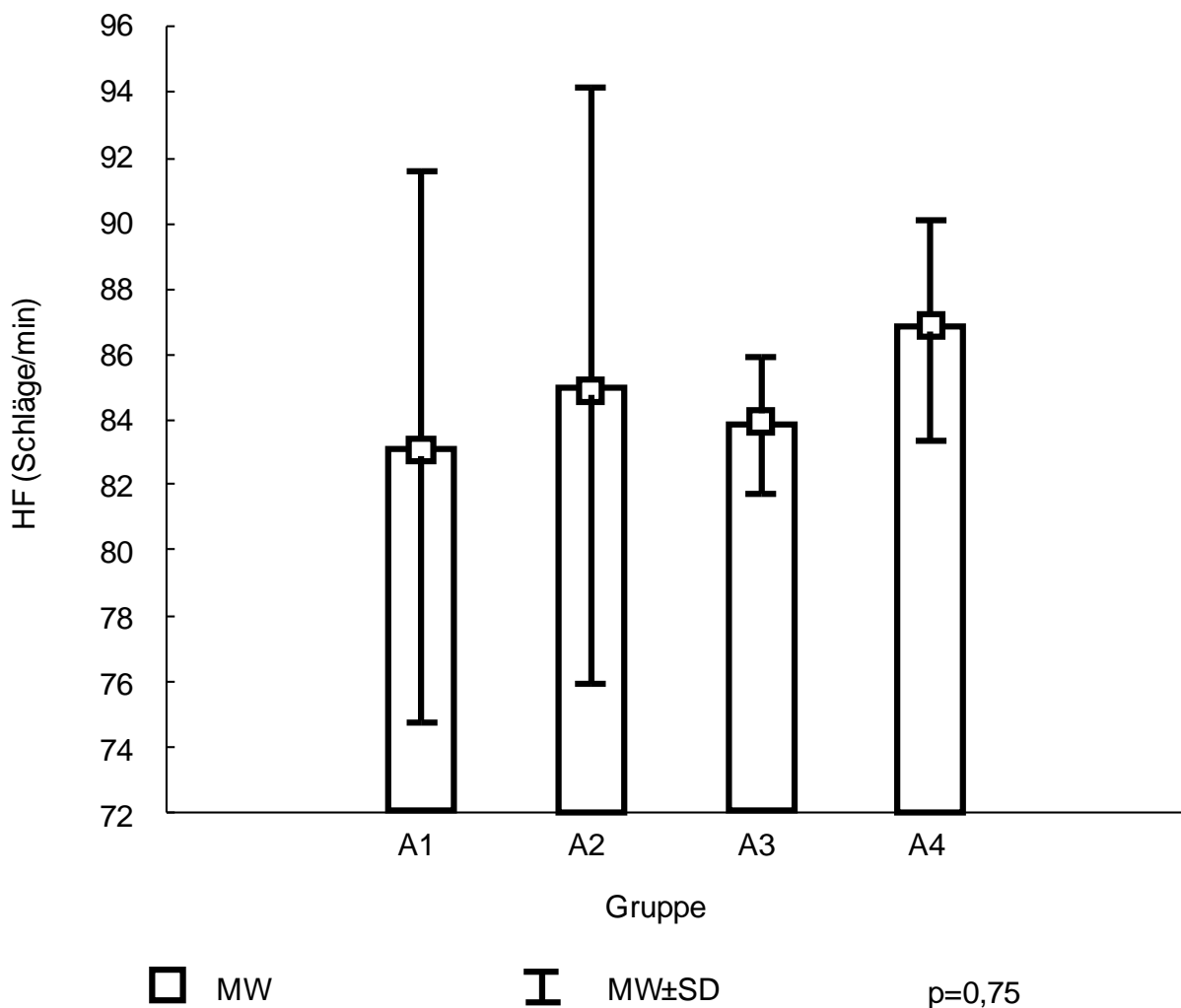


Abbildung 10: Gruppe A1-A4: Herzfrequenz (Schläge/min): MW±SD, n=23

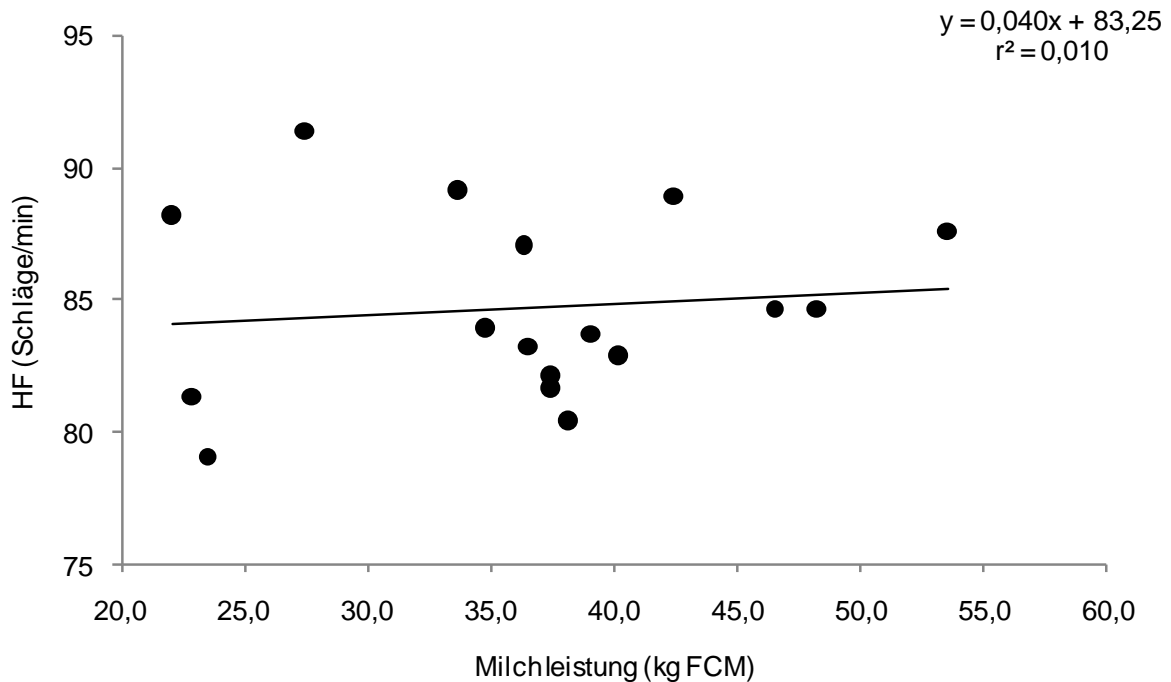


Abbildung 11: Gruppe A2-A4: Verteilung der Herzfrequenz (Schläge/min) in Abhängigkeit von der Milchleistung (kg FCM), n=17

4.1.5.4 Einzeldarstellung der Herzfrequenz

Die Variation der HF-Mittelwerte war in der Gruppe der trockenstehenden Kühe am größten. Hier befand sich auch die Kuh mit der höchsten mittleren HF (Kuh 94 mit 96 Schlägen/min) des Abschnitts A. Die Streuung der HF-Mittelwerte nahm mit steigender Leistung ab, die Kühe mit einer Milchleistung von 42,5 kg FCM (Kuh 2) bis 53,6 kg FCM (Kuh 36) variierten in ihrer HF nur von 85 bis 89 Schlägen/min. Der niedrigste Minimalwert (Min-Wert) der HF trat bei der trockenstehenden Kuh Nr. 22 mit 42 Schlägen/min auf. Die meisten der HF-Minima traten in den Nacht- bzw. in den frühen Morgenstunden auf, auch noch nach Beginn des Melkens bzw. der Fütterung um 4:30 Uhr. Die Maximalwerte (Max-Werte) der HF variierten von 109 Schlägen/min (Kuh 36, 53,6 kg FCM) bis 200 Schlägen/min (Kuh 48, 27,5 kg FCM). Bis auf die folgenden zwei Ausnahmen traten die HF-Maxima ausschließlich in oder unmittelbar anschließend an die Melk- und Fütterungszeit auf: Kuh Nr. 23, HF-Maximum um 2:29 Uhr und Kuh Nr. 32, HF-Maximum um 0:57 Uhr. Weder bei der Größe der HF-Minima noch bei der Größe der HF-Maxima war ein Trend zwischen den Leistungsgruppen erkennbar (s. Tabelle 13).

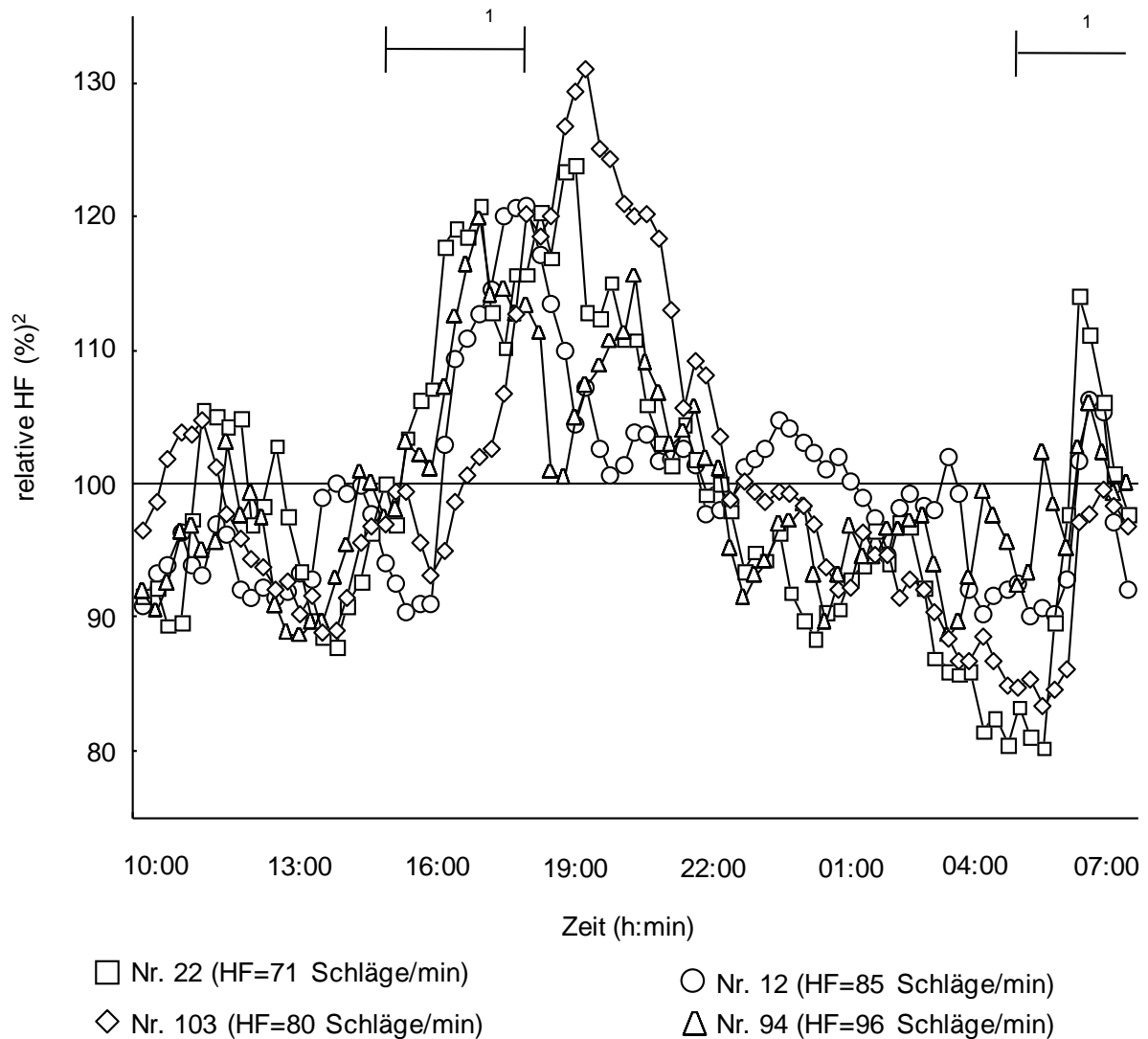
Tabelle 13: Gruppe A1-A4: Milchleistung (kg FCM) und folgende Parameter der Herzfrequenz (Schläge/min): MW \pm SD, Min-, Max-Werte und Uhrzeiten (h:min) der Min- und Max-Werte der HF, Einzeldarstellung der Kühe, n=23

Gr.	Kuh	Milchleistung (kg FCM)	HF (Schläge/min)					
			MW	SD	Min-Wert	Uhrzeit _{Min-Wert} (h:min)	Max-Wert	Uhrzeit _{Max-Wert} (h:min)
A1	12	trocken	85	7	65	15:10	186	6:10
A1	22	trocken	71	9	42	4:46	165	19:00
A1	23	trocken	85	8	63	12:26	116	2:29
A1	94	trocken	96	10	65	4:44	138	17:08
A1	103	trocken	80	8	58	4:55	135	19:01
A1	110	trocken	81	8	54	6:00	124	19:41
A2	33	22,1	88	7	68	4:50	139	16:12
A2	47	22,9	81	7	61	4:43	147	16:12
A2	32	23,5	79	8	61	11:20/11:04 ¹	117	0:57
A2	48	27,5	91	7	67	5:52	200	15:34
A3	67	33,7	89	6	67	12:22	161	9:28
A3	57	34,8	84	8	62	11:39	161	17:15
A3	58	36,3	87	6	66	3:31	111	17:29
A3	35	36,6	83	7	62	16:13	135	7:29
A3	102	37,5	82	7	61	3:46	112	17:08/21:28 ¹
A3	68	37,5	82	7	63	05:28/4:14 ¹	168	8:38
A3	93	38,2	80	5	59	3:22	115	17:48
A3	37	39,1	84	5	69	04:50/13:09 ¹	118	16:34
A3	21	40,2	83	7	60	14:57	120	20:18
A4	2	42,5	89	8	64	11:38	122	17:13
A4	1	46,5	85	7	66	5:28	158	17:28
A4	20	48,3	85	6	68	5:22	180	17:27
A4	36	53,6	88	5	71	11:20	109	21:32

¹Die genannten HF-Werte wurden jeweils zu beiden Zeitpunkten registriert.

4.1.5.5 Variation der Herzfrequenz um ihren Mittelwert

In Abbildung 12 ist der Anteil der HF an der mittleren HF der Messung dargestellt (relative HF in %). Bei einer relativen HF von 100% hat die Kuh eine momentane HF, die dem Tagesmittel entspricht. Bei einer relativen HF größer bzw. kleiner als 100% hat die Kuh eine momentane HF über bzw. unter ihrem Tagesmittel.



¹Fütterungszeiten

²relative HF (%): HF ausgedrückt in % des Tagesdurchschnittes

Abbildung 12: Kühe Nr. 12, 22, 94 und 103, Gruppe A1: 24 h-Verlauf der Herzfrequenz (Schläge/min), Darstellung der relativen Herzfrequenz (%), n=4

Beispielhaft sind hier vier trockenstehende Kühe mit den beiden höchsten und den beiden niedrigsten HF-Werten dargestellt (s. Abbildung 12). Die Kurven der vier Kühe zeigen einen deutlichen parallelen Verlauf. Die relative HF variierte zwischen 80% (4:00 Uhr) und 130% (19:00 Uhr). Sie war zu fast allen Zeiten außerhalb der Fütterungszeiten kleiner als 100% (bis auf einige Ausnahmen bei unterschiedlichen Einzeltieren).

4.1.5.6 Variation der Herzfrequenz an den fünf einzelnen Messtagen

In Tabelle 14 sind im Gegensatz zu Tabelle 13 und Abbildung 10 (HF-Werte der fünf Messtage je Kuh auf einen Wert gemittelt) die Einzeltage der Messung mit ihrer durchschnittlichen HF und dem Quotienten HF/kg FCM für jede Kuh dargestellt.

Tabelle 14: Gruppe A1-A4: Darstellung der Herzfrequenz (Schläge/min) und dem Quotienten aus Herzfrequenz (Schläge/min) und Milchleistung (kg FCM) aller fünf Messtage, Einzeldarstellung der Kühe, n=23

Gr.	Kuh	Tag 1		Tag 2		Tag 3		Tag 4		Tag 5	
		HF	HF/kg FCM	HF	HF/kg FCM	HF	HF/kg FCM	HF	HF/kg FCM	HF	HF/kg FCM
A1	12	84	/ ¹	86	/ ¹	86	/ ¹	87	/ ¹	83	/ ¹
A1	22	70	/ ¹	73	/ ¹	70	/ ¹	74	/ ¹	71	/ ¹
A1	23	84	/ ¹	86	/ ¹	85	/ ¹	87	/ ¹	82	/ ¹
A1	94	98	/ ¹	99	/ ¹	94	/ ¹	97	/ ¹	93	/ ¹
A1	103	80	/ ¹	86	/ ¹	77	/ ¹	78	/ ¹	81	/ ¹
A1	110	77	/ ¹	79	/ ¹	89	/ ¹	83	/ ¹	78	/ ¹
A2	32	75	3,26	78	3,26	78	3,37	80	3,36	85	3,59
A2	33	94	3,98	90	4,03	88	3,86	81	3,97	87	4,08
A2	47	80	3,56	83	3,55	82	3,64	79	3,39	83	3,65
A2	48	88	3,24	91	3,35	91	3,24	95	3,29	93	3,52
A3	21	85	2,30	80	2,01	83	2,10	83	1,86	82	2,06
A3	35	84	2,01	84	2,34	80	2,23	85	2,37	84	2,49
A3	37	82	2,20	82	2,14	84	2,22	87	2,18	84	1,99
A3	57	80	2,42	83	2,62	82	2,44	84	2,55	89	2,10
A3	58	87	2,48	87	2,43	87	2,41	87	2,33	86	2,34
A3	67	87	2,61	88	2,66	91	2,66	91	2,77	89	2,52
A3	68	80	1,97	83	2,23	83	2,31	84	2,14	81	2,34
A3	93	82	2,01	82	2,09	77	2,23	80	2,11	80	2,11
A3	102	80	2,12	82	2,30	80	2,12	84	2,23	83	2,13
A4	1	85	1,83	87	1,85	84	1,83	83	1,74	83	1,86
A4	2	87	2,11	90	2,04	88	2,07	91	2,11	89	2,15
A4	20	85	1,66	85	1,76	83	1,85	85	1,72	85	1,80
A4	36	89	1,68	86	1,61	85	1,61	89	1,66	89	1,63

¹Gr. A1: Bei den trockenstehenden Kühen wurde aufgrund fehlender Milchleistung kein Quotient aus HF und Milchleistung berechnet.

Die Variation der HF pro Kuh an den fünf Messtagen war kleiner als die Variation der HF der unterschiedlichen Kühe innerhalb jeder Gruppe. Große Variationen bei den Kühen einer Gruppe gab es in Gr. A1 (Kühe 103 und 110) und Gr. A2 (Kuh 32). Der Quotient HF/kg FCM sank bei gleicher HF und steigender Milchleistung. Das Maximum (HF/kg FCM zwischen

3,97 und 4,08) war bei Kuh 33 (Gr. A2) mit einer hohen HF und einer kleinen Tagesmilchleistung zu finden, das Minimum (HF/kg FCM zwischen 1,61 und 1,68) bei Kuh 36 (Gr. A4) sowohl mit hoher HF als auch mit hoher Tagesmilchleistung.

4.1.5.7 Leistungsmerkmale in Relation zur Herzfrequenz

In Tabelle 15 sind die Quotienten aus HF und Milchleistung und aus HF und ME-Aufnahme dargestellt. Mit steigender Milchleistung sank der Quotient HF/kg FCM signifikant von 3,46 in Gruppe A2 auf 1,79 in Gr. A4. Der Quotient aus HF und ME-Aufnahme hatte seinen höchsten Wert bei den trockenstehenden Kühen mit 0,64. Er sank bei den laktierenden Kühen mit steigender Milchleistung und analog steigender ME-Aufnahme gleichförmig von 0,39 über 0,35 bis 0,31.

Tabelle 15: Gruppe A1-A4: Quotient aus Herzfrequenz und Milchleistung und Quotient aus Herzfrequenz und ME-Aufnahme, n=23

Gr.	n	HF/kg FCM			HF/MJ ME-Aufnahme		
		p<0,01			p=0,01		
		Q25	MD	Q75	Q25	MD	Q75
A1	6	/	/	/	0,60	0,64 ^a	0,69
A2	4	3,35	3,46 ^a	3,77	0,38	0,39 ^{ab}	0,40
A3	9	2,14	2,19 ^{ab}	2,40	0,28	0,35 ^b	0,35
A4	4	1,70	1,79 ^b	1,96	0,30	0,31 ^b	0,34

4.2 Abschnitt B

4.2.1 Gesundheitszustand

Die Tiere waren zu Versuchsbeginn klinisch gesund und zeigten während der gesamten Versuchsphase ein ungestörtes Allgemeinbefinden. Sie hatten während des Versuches eine mittlere KIT von $38,1 \pm 0,47^\circ\text{C}$. Die Minimaltemperatur aller Kühe des Abschnitts B war $36,5^\circ\text{C}$ und die Maximaltemperatur $39,0^\circ\text{C}$.

4.2.2 Leistung

Die tägliche Milchleistung der Gesamtgruppe stieg von $34,2 \pm 7,5$ kg FCM 8 Tage p.p. auf das Maximum $41,9 \pm 7,0$ kg FCM am 22. LT. Sie sank dann bis zum 66. LT auf $36,4 \pm 5,0$ kg FCM, und stieg bis zum 95. Tag p.p. wieder auf $37,5 \pm 7,8$ kg FCM. Die tägliche Milchleistung der sieben Kühe, die in jeder Gruppe einmal vertreten sind, hatte ihr Maximum mit 41,2 kg FCM am 36. LT. Die übrige Leistung entsprach in etwa der der Gesamtgruppe (s. Tabelle 16).

Tabelle 16: Gruppe B1-B7: Laktationstag und tägliche Milchleistung (kg FCM), $n=69^1$ und $n=49^1$

Gr.	n	LT			Milchleistung (kg FCM)		n	Milchleistung (kg FCM)	
					p=0,28			p=0,68	
		Q25	MD	Q75	MW	SD		MW	SD
B1	9	7	8	10	34,2	7,50	7	33,8	8,56
B2	11	21	22	22	41,9	7,05	7	40,5	8,08
B3	11	33	36	38	40,5	8,43	7	41,2	9,34
B4	10	50	52	55	39,7	7,56	7	39,8	8,94
B5	10	65	66	68	36,4	5,02	7	36,6	6,03
B6	10	78	81	84	37,0	8,41	7	36,9	9,95
B7	8	93	95	100	37,5	7,78	7	37,3	8,38

¹s. Kapitel 3.3.2

Im Laufe der Laktation sank der Fettgehalt in der Milch von 4,55% 8 d p.p. auf 4,44% zum 66. LT (s. Tabelle 17). Er stieg zum 81. LT auf 4,53% an und fiel bis zum 95. LT auf sein Minimum von 4,32%. Der Eiweißgehalt in der Milch lag bei 3,33% am 8. LT und fiel bis zum 66. LT auf 3,27%. Er erreichte am 81. LT sein Maximum von 3,43% und sank zum 95. LT wieder auf 3,35%. Der Wert des Harnstoffes in der Milch variierte zwischen 230 mg/kg (Minimum, LT 8-36) und 265 mg/kg (Maximum, LT 66). Im weiteren Verlauf der Laktation bis LT 95 sank er auf einen Wert von 245 mg/kg.

Tabelle 17: Gruppe B1-B7: Milchinhaltsstoffe Fett (%), Eiweiß (%) und Harnstoff (mg/kg), n=69

Gr.	n	Fett (%)			Eiweiß (%)			Harnstoff (mg/kg)		
		p=0,76			p=0,77			p=0,93		
		Q25	MD	Q75	Q25	MD	Q75	Q25	MD	Q75
B1	9	4,31	4,55	6,05	3,08	3,33	3,74	160	230	250
B2	11	4,31	4,55	6,05	3,08	3,33	3,75	160	230	260
B3	11	4,31	4,55	5,56	3,08	3,30	3,71	160	230	250
B4	10	3,75	4,44	4,82	2,96	3,27	3,62	120	250	360
B5	10	3,75	4,44	4,70	2,96	3,27	3,62	150	265	370
B6	10	4,18	4,53	4,67	3,23	3,43	3,67	210	245	370
B7	8	4,15	4,32	4,63	3,08	3,35	3,70	170	235	295

4.2.3 Trockensubstanz-, Energie- und Nährstoffaufnahme

4.2.3.1 Futter- bzw. Trockensubstanzaufnahme

Die TS-Aufnahme der Kühe des Abschnitts B stieg von 20,7 kg/d (Gr. B1) bis 23,8 kg/d (Gr. B4). In den Gruppen B5 bis B7 schwankte sie um maximal 0,8 kg/d von 22,9 kg/d (Gr. B6) bis 23,7 kg/d (Gr. B5, s. Tabelle 18).

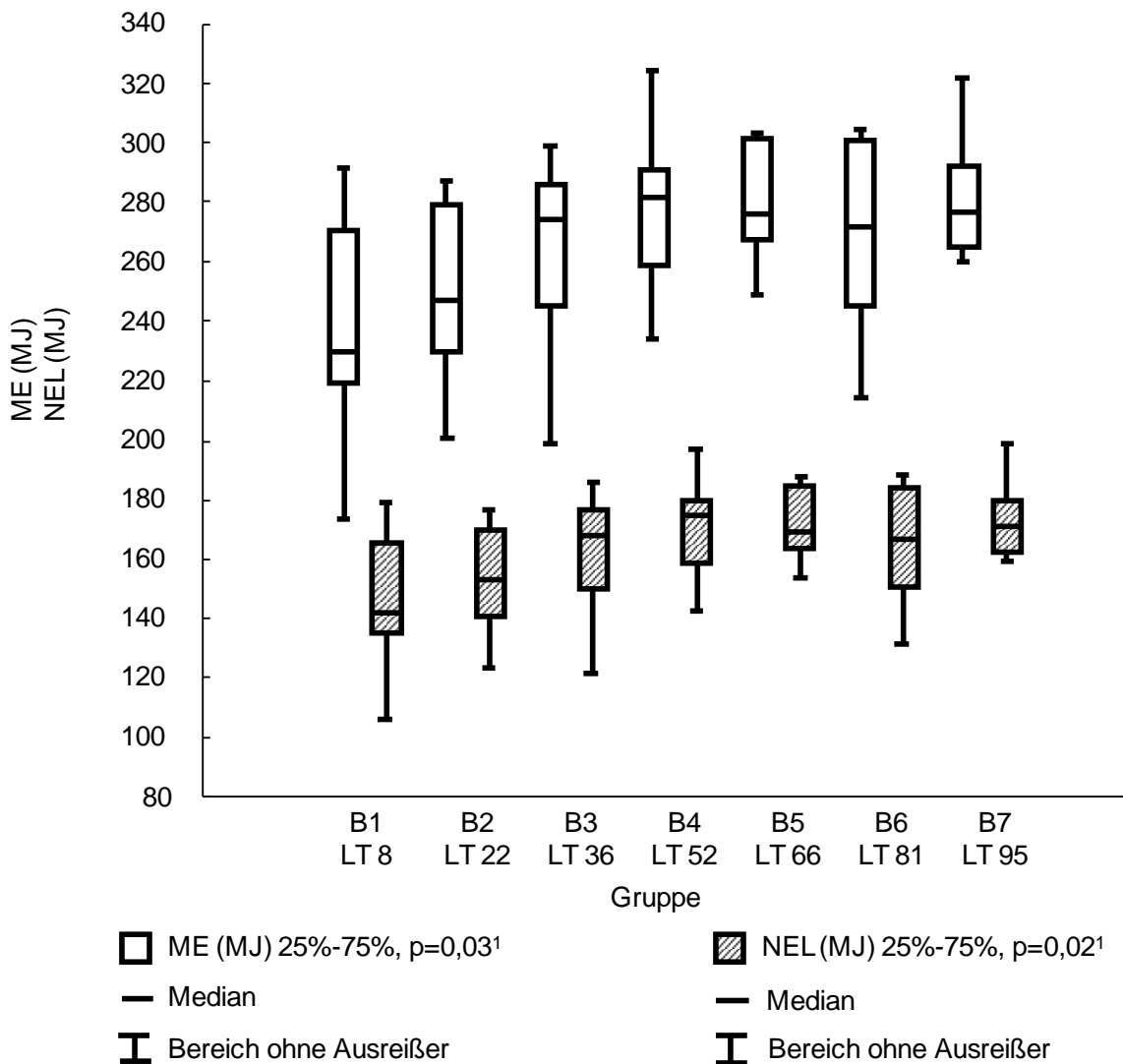
Tabelle 18: Gruppe B1-B7: Trockensubstanzaufnahme der Gesamtration, des Grundfutters und der Konzentrate (kg/d), n=69

Gr.	n	TS-Aufnahme gesamt (kg/d)			TS-Aufnahme Grundfutter (kg/d)			TS-Aufnahme Konzentrate (kg/d)		
		p=0,09			p=0,16			p<0,01		
		Q25	MD	Q75	Q25	MD	Q75	Q25	MD	Q75
B1	9	19,4	20,7	22,9	11,6	12,3	13,4	7,49	8,02 ^a	8,97
B2	11	20,2	20,8	23,7	9,54	10,0	13,0	9,90	10,8 ^{ab}	11,7
B3	11	21,4	23,5	24,3	9,57	10,9	11,3	11,7	12,5 ^b	13,0
B4	10	22,6	23,8	24,2	10,6	10,9	11,3	11,9	12,7 ^b	12,8
B5	10	22,6	23,7	24,5	10,9	11,2	11,5	11,6	12,5 ^b	13,1
B6	10	21,6	22,9	24,6	10,3	10,7	11,3	11,7	12,4 ^b	13,4
B7	8	22,9	23,3	24,4	10,3	11,9	12,3	11,2	12,5 ^b	13,3

Die Aufnahme der TS aus dem Grundfutter nahm Werte zwischen 12,3 kg/d (Gr. B1) und 11,9 kg/d (Gr. B7) an, hier gab es keine statistisch darstellbaren Unterschiede. Die Gruppe B1 hatte leistungsabhängig mit 8,0 kg/d die niedrigste TS-Aufnahme der angebotenen Konzentrate, die TS-Aufnahme nahm bis zu signifikant höheren Werten von 12,4 bis 12,7 kg/d in den Gruppen B3 bis B7 zu (s. Tabelle 18).

4.2.3.2 Energieaufnahme und Energiebilanz

Die Aufnahme der ME stieg von 230 bis 282 MJ ME in den Gruppen B1 bis B4. In den Gruppen B5 bis B7 variierte die ME-Aufnahme zwischen Werten von 271 MJ ME (Gr. B6) und 277 MJ ME (Gr. B7). Entsprechend verhält sich die NEL-Aufnahme. Sie steigt von 142 MJ NEL (Gr. B1) bis 174 MJ NEL (Gr. B4) und schwankt in den folgenden Gruppen zwischen 166 MJ NEL (Gr. B6) und 171 MJ NEL (Gr. B7, s. Abbildung 13).



¹Sowohl für die ME- als auch für die NEL- Aufnahme ergab sich für das gesamte Datenmaterial ein p-Wert von $p<0,05$. Bei Prüfung der Gruppen untereinander waren keine signifikanten Bedingungen zu isolieren, dies traf auch nach Schaffung von weniger Untergruppen (größere Tierzahl pro Gruppe) und deren Vergleich zu.

Abbildung 13: Gruppe B1-B7: ME- und NEL-Aufnahme (MJ), $n=69$ (s. Tabelle A-10)

Auch wenn es in allen Gruppen Tiere sowohl mit PEB als auch mit NEB gab, zeichnete sich in den Gruppen B1 bis B3 ein Trend zur Energieunterversorgung ab (25%-75%: B1: -25,8 bis 14,0 MJ NEL; B2: -45,6 bis 3,6 MJ NEL; B3: -35,9 bis 0,8 MJ NEL, s. Abbildung 14). Von LT 52 bis 95 befanden sich über die Hälfte der Tiere je Gruppe in einer PEB. Zwischen den Gruppen waren keine signifikanten Unterschiede zu verzeichnen.

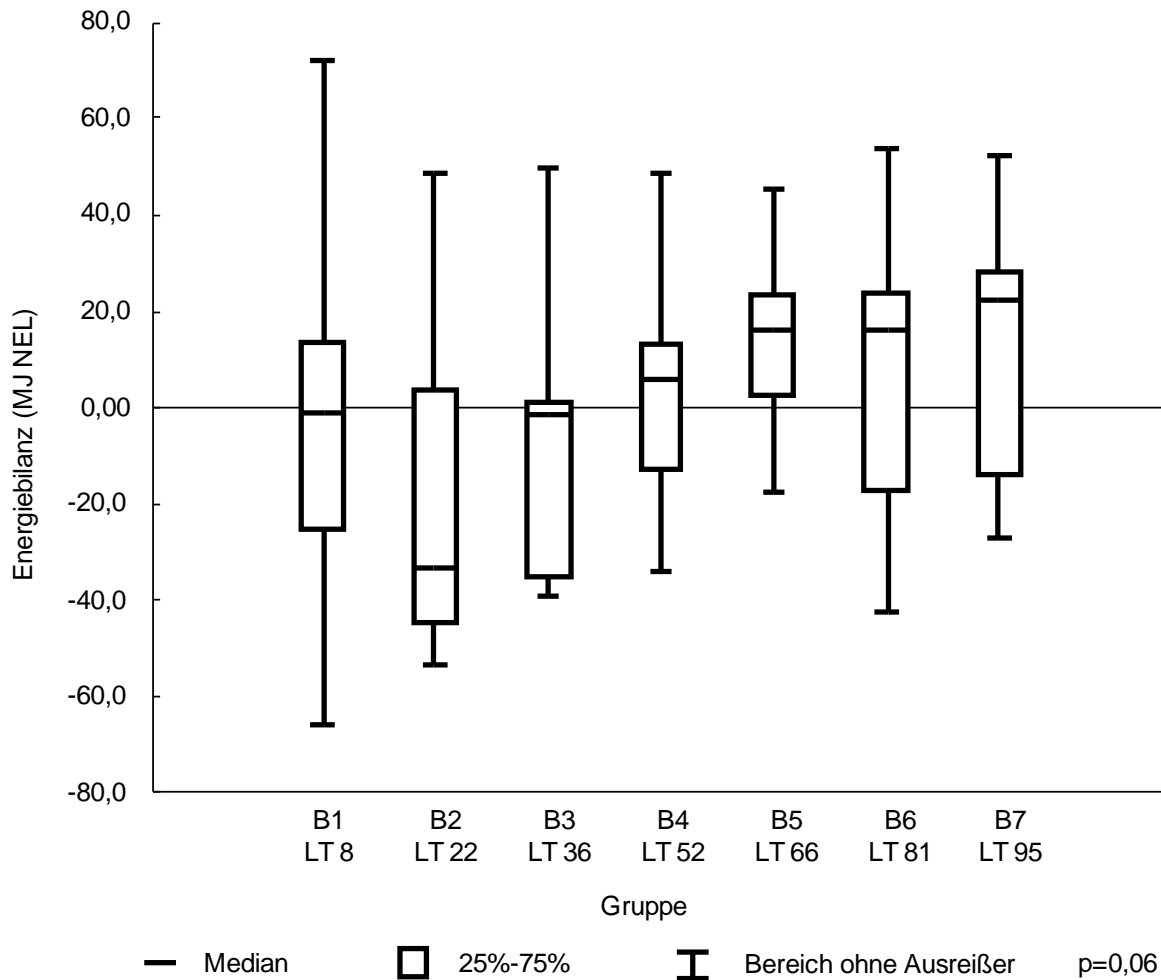


Abbildung 14: Gruppe B1-B7: Energiebilanz (MJ NEL), n=69

4.2.3.3 Nährstoffaufnahme (nRp)

Bei der Aufnahme des nRp waren die niedrigsten Werte mit 3217 und 3418 g/d in den Gruppen B1 und B2 zu finden. Im Laufe der Laktation stiegen die Werte bis zum Maximum in Gruppe B5 auf 3957 g/d an, wobei sich die Gruppen B3 und B4 mit 3801 und 3803 g/d nicht voneinander unterschieden. In den Gruppen B6 und B7 hatten die Tiere eine nRp-Aufnahme von 3827 und 3852 g/d (s. Tabelle 19). Der Bedarf an nRp variierte je nach KM und Milchleistung zwischen 3214 g/d (Gr. B1) und 3889 g/d (Gr. B3). In den Gruppen B1 bis B3, B6 und B7 gab es sowohl unter- als auch ausreichend bzw. überversorgte Tiere (s. Differenz zwischen nRp-Aufnahme und nRp-Bedarf). Die Kühe der Gruppen B4 und B5 waren bis auf zwei Tiere in jeder Gruppe ausreichend mit nRp versorgt.

Tabelle 19: Gruppe B1-B7: Nutzbares Rohprotein am Duodenum: Aufnahme, Bedarf und die Differenz aus Aufnahme und Bedarf (g/d), n=69

Gr.	n	nRp-Aufnahme (g/d)			Bedarf an nRp (g/d)			nRp-Aufnahme - nRp-Bedarf (g/d)		
		p=0,02 ¹			p=0,23			p=0,02		
		Q25	MD	Q75	Q25	MD	Q75	Q25	MD	Q75
B1	9	2802	3217	3773	3145	3214	3539	-585	72,3 ^{ab}	657
B2	11	3287	3418	3805	3486	3834	4409	-936	-729 ^a	191
B3	11	3643	3801	3873	3326	3889	4071	-609	-46,3 ^{ab}	321
B4	10	3744	3803	3984	3277	3658	3995	25,2	314 ^{ab}	466
B5	10	3583	3957	4149	3050	3459	3708	192	529 ^{ab}	865
B6	10	3401	3827	4120	2873	3494	3699	-457	490 ^{ab}	673
B7	8	3783	3852	4040	3014	3555	3944	-207	521 ^b	872

¹Für die nRp-Aufnahme ergab sich für das gesamte Datenmaterial ein p-Wert < 0,05. Bei Prüfung der Gruppen untereinander waren keine signifikanten Bedingungen zu isolieren, dies traf auch nach Schaffung von weniger Untergruppen (größere Tierzahl pro Gruppe) und deren Vergleich zu.

4.2.4 Entwicklung der Körperkondition während der Laktation

In Abbildung 15 ist die Entwicklung der Körperkondition der Kühe der Gruppen B1 bis B7 dargestellt.

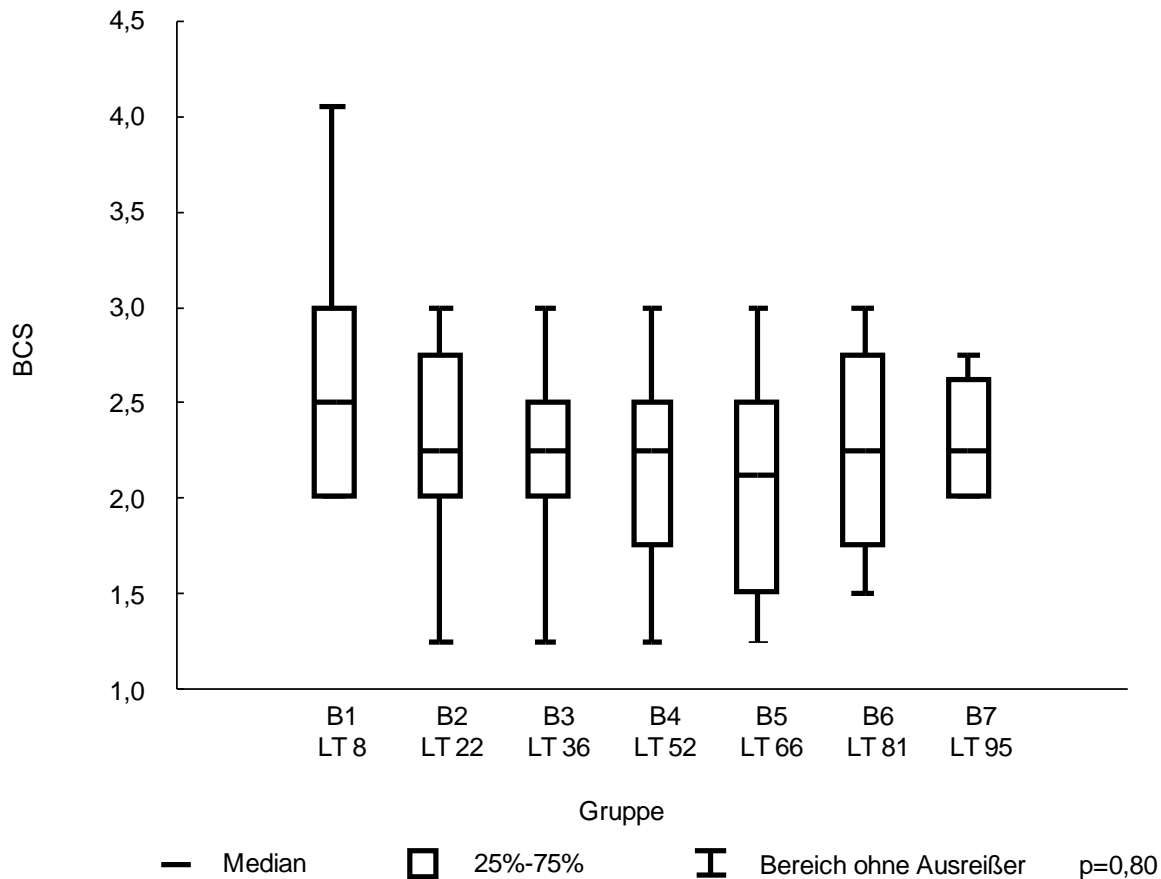


Abbildung 15: Gruppe B1-B7: Body Condition Score der Kühe während der Laktation, n=69

Der BCS wurde bei den gemessenen Kühen mit einem Wert von 2,50 8 Tage p.p. ermittelt und sank dann im Laufe der Laktation auf den Wert von 2,25 ab, bis er in der Gruppe B5 66 Tage p.p. sein Minimum mit 2,13 erreichte. Bis zum 81. und 95. LT stieg er wieder einen Wert von 2,25 (s. Abbildung 15). Zur Entwicklung des BCS der Einzeltiere wird auf Tabelle A-34 verwiesen.

4.2.5 Ergebnisse der Herzfrequenz-Messungen

4.2.5.1 Tagesverlauf der Herzfrequenz der Gruppen B1 bis B6

Der Tagesverlauf der HF der Gruppen des Abschnitt B soll anhand der Gruppeneinteilung ausschließlich nach LT (s. Tabelle 16) dargestellt werden. Zur besseren Übersicht sind die Gruppen B1 bis B3 und die Gruppen B4 bis B6 zunächst separat abgebildet.

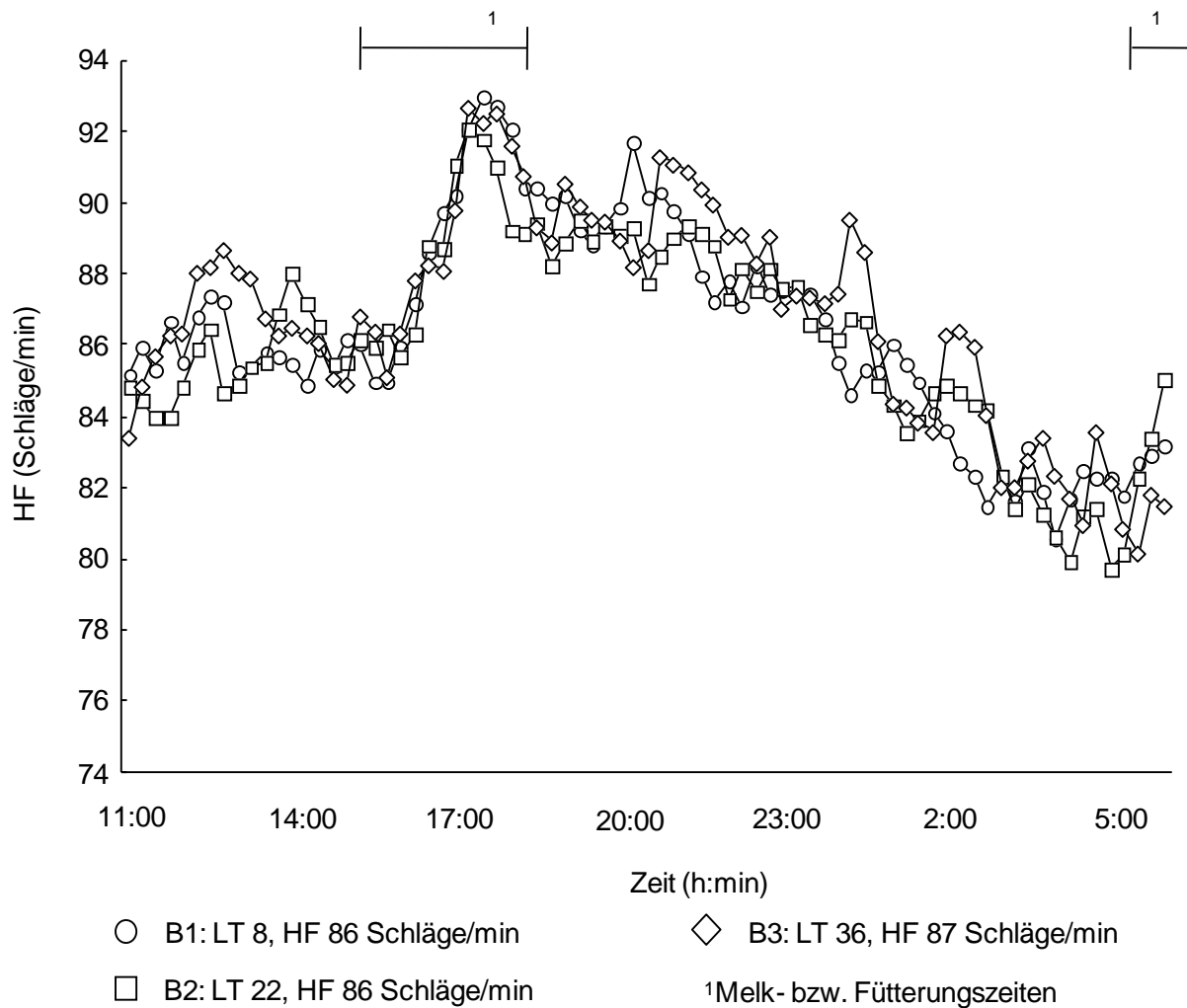


Abbildung 16: Gruppe B1-B3: 24 h-Profil der Herzfrequenz (Schläge/min), n=29

Den in Kapitel 4.1.5.2 beschriebenen Tagesrhythmus erkennt man auch im 24 h-Profil der HF der Kühe des Abschnitts B (Abbildung 16 bis Abbildung 18). In Abbildung 16 (Gruppen B1 bis B3, mittlere HF der Gruppen 86 bis 87 Schläge/min) erfuhren die drei Gruppen eine gemeinsame Erhöhung der HF zur Abendmelkzeit. Die mittlere HF der Gr. B3, der Gruppe mit der höchsten mittleren HF, lag zu vielen Zeiten des Tages über der mittleren HF der anderen beiden Gruppen. Die HF der Gruppen B4 bis B6 (mittlere HF der Gruppen: 83 Schlägen/min, s. Abbildung 17) schwankte vom späten Vormittag bis zum Abendmelken in allen drei Gruppen zwischen 78 und 86 Schlägen/min. Erst nach der Melkzeit reduzierte sich

die HF während der Nacht gleichmäßig und parallel bis zu niedrigsten Werten von 75 Schlägen/min.

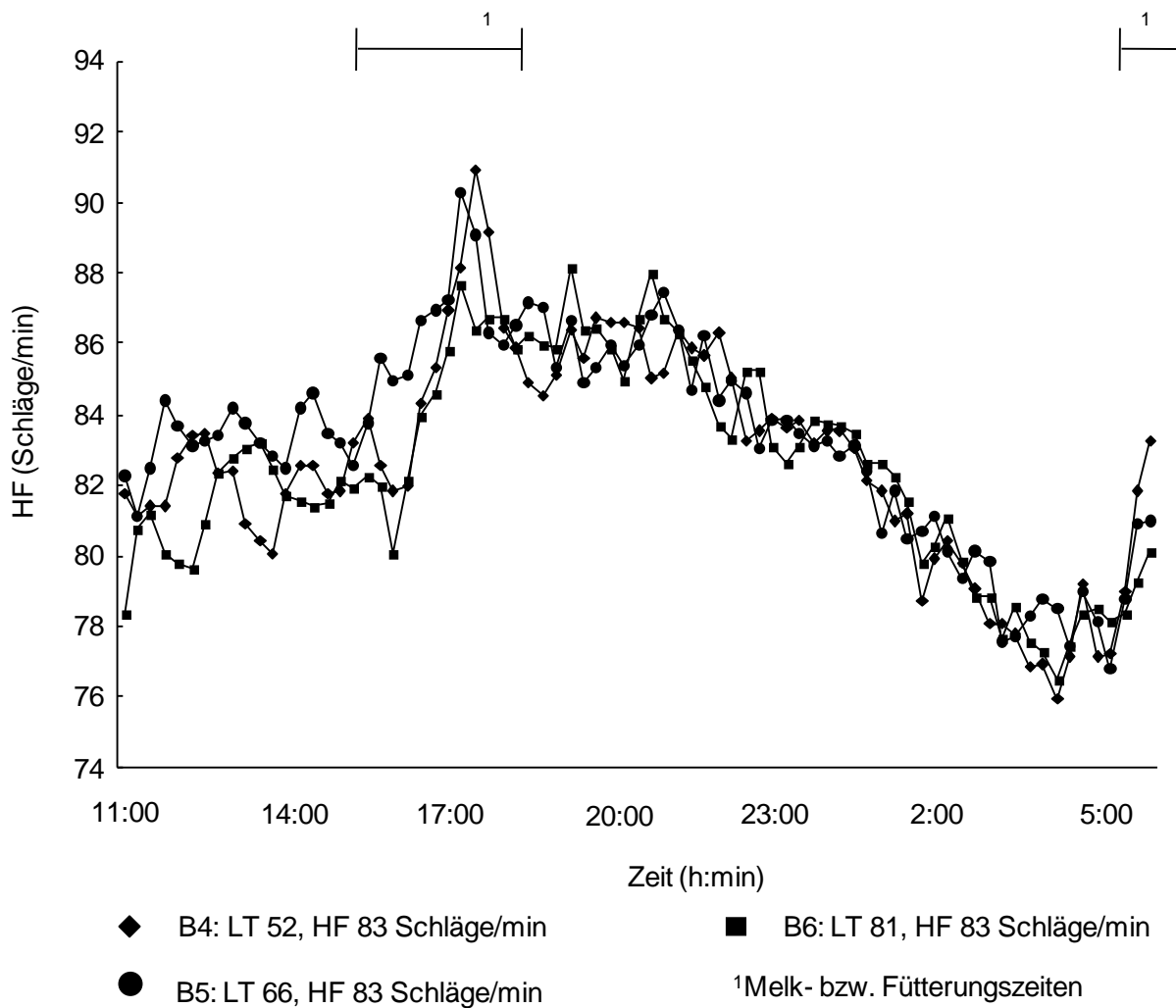


Abbildung 17: Gruppe B4-B6: 24 h-Profil der Herzfrequenz (Schläge/min), n=30

In Abbildung 18 (gemeinsame Darstellung der Gruppen B1 bis B6) wird die Abstufung der Gruppen in Abhängigkeit der mittleren HF und die Parallelität aller Kurven während der Melkzeit ab 15:30 Uhr und in den Nachtstunden deutlich.

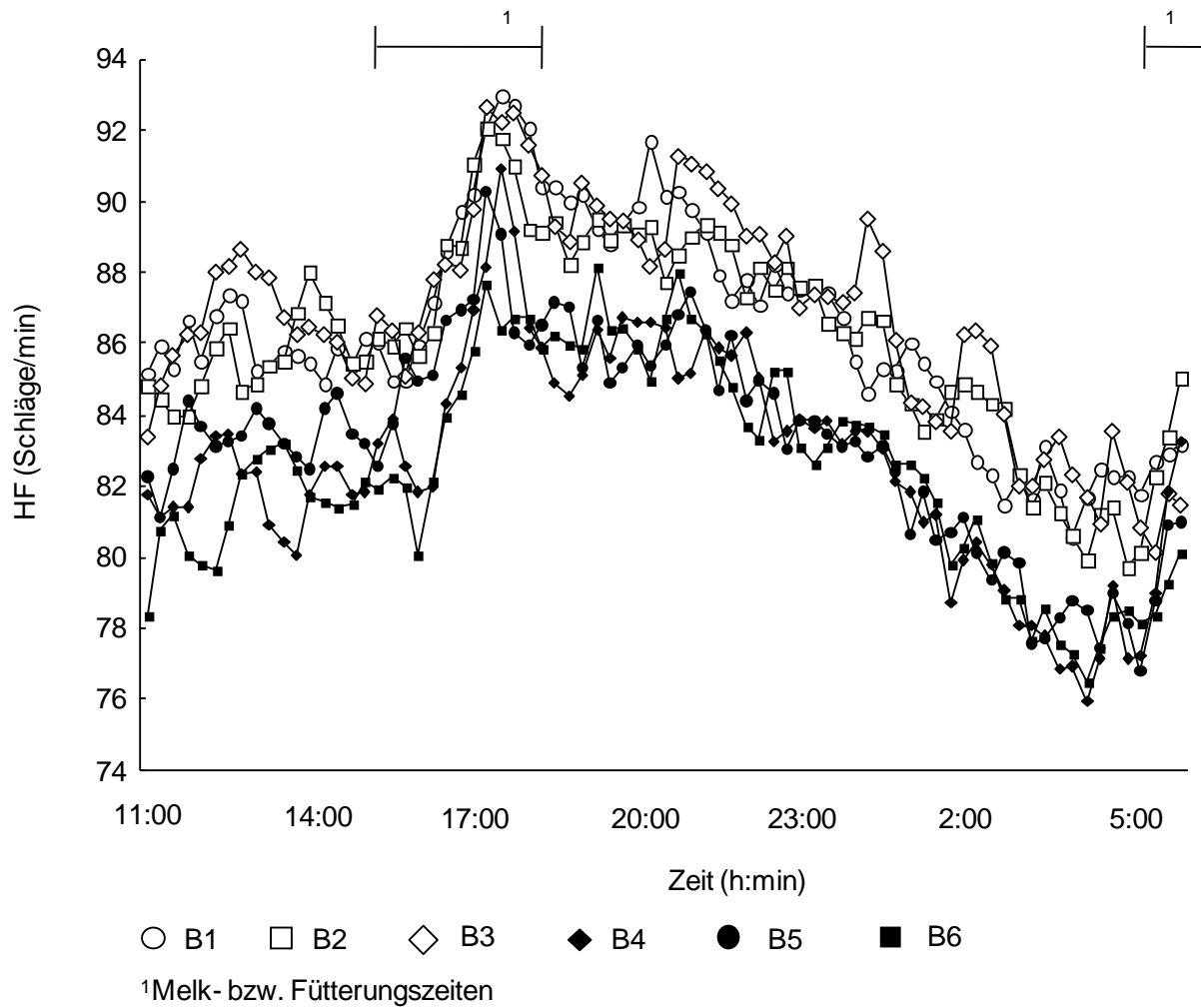


Abbildung 18: Gruppe B1-B6: 24 h-Profil der Herzfrequenz (Schläge/min), n=61

4.2.5.2 Mittlere Herzfrequenz der Gruppen B1 bis B7

Von LT 8 bis 36 variierte die HF von 86 ± 7 Schlägen/min (Gr. B1) bis 87 ± 11 Schlägen/min (Gr. B3) kaum. Vom 52. bis 81. LT hatte die HF einen Wert von 83 ± 7 Schlägen/min (Gr. B6) und 83 ± 8 Schlägen/min (Gruppen B4 und B5), sie stieg zum 95. LT auf 85 ± 5 Schläge/min an (siehe Abbildung 19). Die mittlere HF zeigte in Abhängigkeit vom LT keine signifikanten Unterschiede. Die Streuung der HF war in Gruppe B3 mit einem Minimum von 68 Schlägen/min und einem Maximum von 107 Schlägen/min am höchsten und in Gruppe B7 mit einem Minimum von 77 Schlägen/min und einem Maximum von 92 Schlägen/min am geringsten.

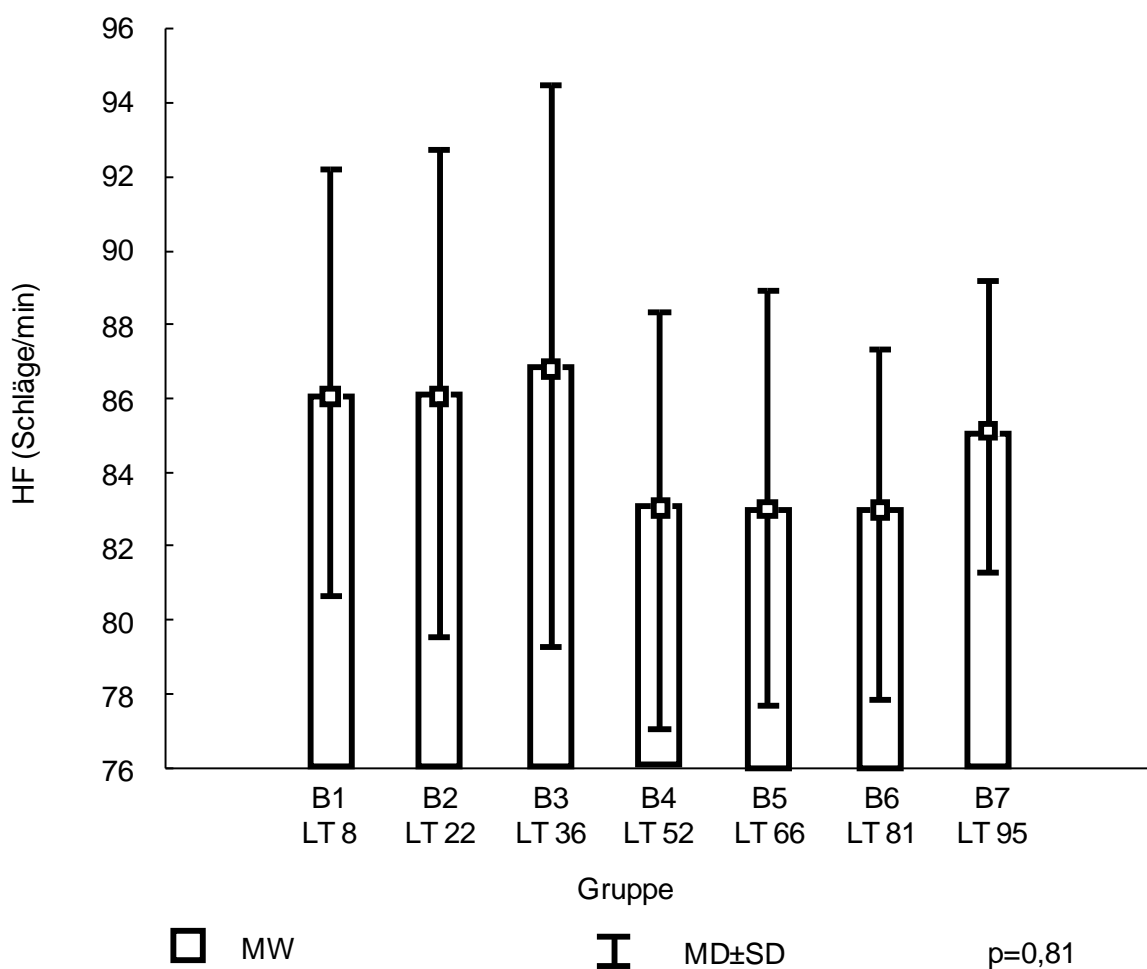


Abbildung 19: Gruppe B1-B7: Herzfrequenz (Schläge/min): MW±SD, n=69

Die sieben Kühe, die mit einer Messung in jeder Gruppe der Gruppen B1 bis B7 vertreten sind (s. Kapitel 3.3.2), werden in Tabelle 20 mit der relativen HF zur 1. Messung p.p. dargestellt.

Die Kühe mit den Stallnummern 7, 13 und 38 hatten ab der 2. Messung stets eine niedrigere, die Kühe mit den Stallnummern 5 und 26 die gleiche oder eine höhere HF als in der 1. Messung. Die Kühe mit den Stallnummern 30 und 32 wichen zum einen in ihrer HF am

wenigsten von der HF der ersten Messung ab, zum anderen sank ihre HF zunächst unter den HF-Wert der ersten Messung und stieg dann ab LT 52 und LT 81 bzw. ab LT 66 geringgradig darüber (s. Tabelle 20). Die Messung mit der höchsten Milchleistung war in keinem Fall die Messung mit der höchsten HF.

Tabelle 20: Relative Herzfrequenz zur 1. Messung post partum¹ von ausgewählten Kühen des Abschnitts B, n=7 (Originalwerte der HF s. Tabelle A-12)

Kuh/Stallnummer (100 Tage Milchleistung)	relative HF zur 1. Messung p.p. ¹ , Zeit p=0,99						
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
	LT 8	LT 22	LT 36	LT 52	LT 66	LT 81	LT 95
5 (52,7 kg FCM)	1,00	1,10	1,20	1,10	1,11	1,07²	1,07
7 (44,2 kg FCM)	1,00	0,96	0,98²	0,90	0,93	0,84	0,89
13 (31,6 kg FCM)	1,00	0,88	0,94²	0,85	0,79	0,87	0,89
26 (32,9 kg FCM)	1,00	1,00²	1,06	1,00	1,16	1,13	1,18
30 (41,8 kg FCM)	1,00	0,97	0,94	1,00²	0,99	1,03	1,03
32 (33,9 kg FCM)	1,00	0,97	0,97	0,98²	1,01	1,02	0,99
38 (24,6 kg FCM)	1,00	0,99	0,87	0,91	0,88²	0,90	0,86

¹relative HF zur 1. Messung p.p.: Quotient aus der HF der jeweiligen Messung (Messung 1 bis Messung 7) und der HF der ersten Messung p.p.

²Messung mit der maximalen Milchleistung der Kuh

Um den Einfluss der Laktationsnummer bzw. des Alters nicht zu vernachlässigen, wird die HF der Gruppen B1 bis B7 in Tabelle 21 nach der Laktation getrennt dargestellt.

Tabelle 21: Herzfrequenz (Schläge/min): MW±SD, Teilung der Gruppen B1 bis B7 nach der Laktationsnummer der Kühe, n=22 und n=47

Kühe in der 1. Laktation				Kühe in der 2.-5. Laktation			
Gr.	n	HF (Schläge/min)		Gr.	n	HF (Schläge/min)	
		p=0,58				p=0,92	
		MW	SD			MW	SD
B1	2	91/96	/	B1	7	84	7
B2	4	94 [#]	5	B2	7	82 ⁺⁺	9
B3	4	93	11	B3	7	83	10
B4	3	89	2	B4	7	80	8
B5	3	87	2	B5	7	82	9
B6	3	88	3	B6	7	80	7
B7	3	87	5	B7	5	84	5

p=0,04

Die Tiere in der ersten Laktation hatten zu jedem Zeitpunkt der Laktation eine um 3 Schläge/min (Gruppe B7) bis 12 Schläge/min (Gruppe B2) höhere mittlere HF als die Tiere

in der zweiten bis fünften Laktation, was in der Gruppe B2 statistisch bestätigt werden konnte. Bei der Betrachtung der HF der Kühe in der 1. Laktation blieb der Trend der Gesamtgruppe (eine numerisch höhere HF in den Gruppen B1 bis B3) erhalten. Dieser Trend war in der Gruppe der Kühe, die sich in der zweiten bis fünften Laktation befanden, nicht mehr ausgeprägt. Die Gruppen B1 bis B7 unterschieden sich statistisch in ihrer HF weder in der Gruppe der Erstlaktierenden noch in der Gruppe der Kühe ab der zweiten Laktation voneinander (s. Tabelle 21).

Da es in jeder Gruppe des Abschnitts B sowohl Kühe mit PEB als auch mit NEB gab (s. Abbildung 14), wurden die Kühe in Tabelle 22 anhand dieses Merkmals unterschieden.

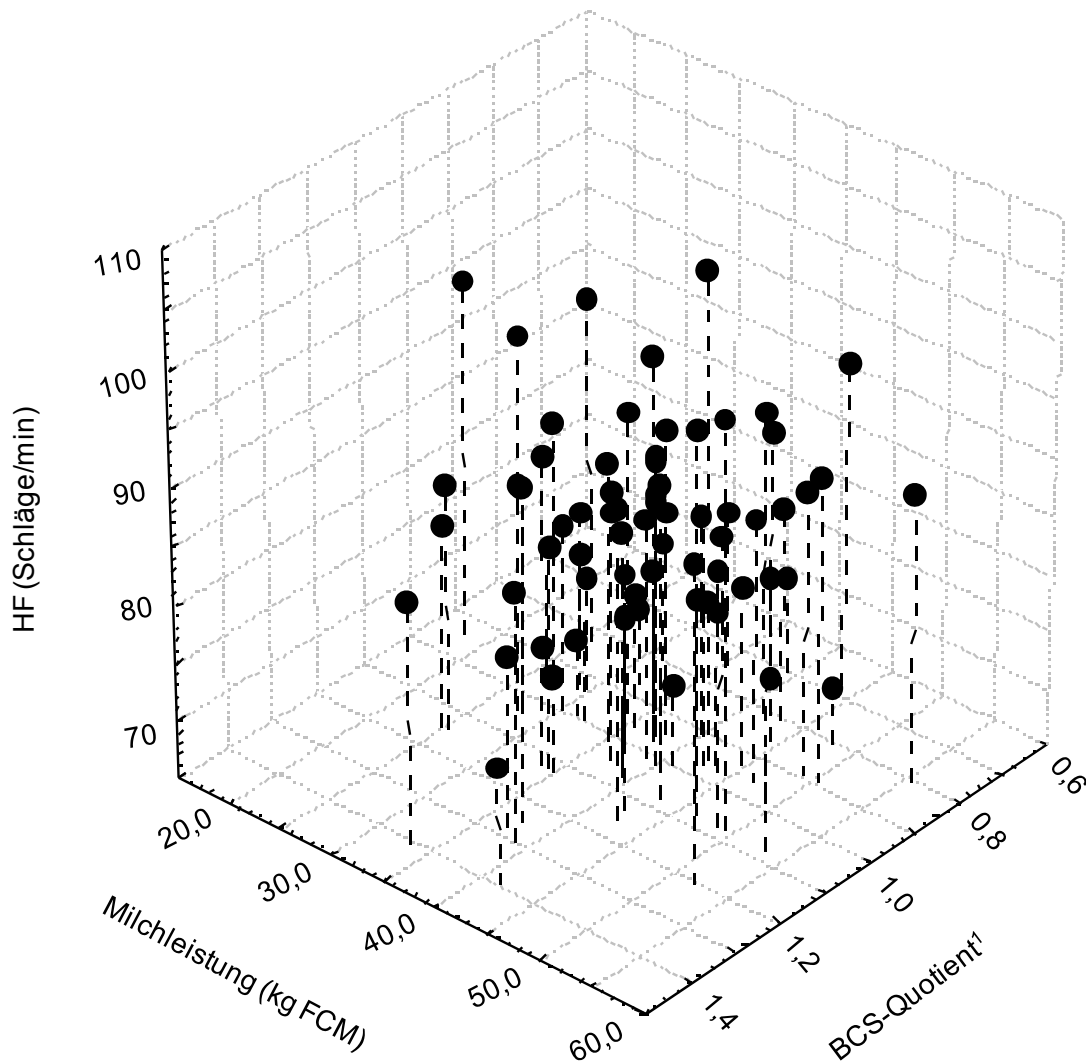
Tabelle 22: Herzfrequenz (Schläge/min): MW \pm SD, Teilung der Gruppen B1 bis B7 in Untergruppen von Kühen mit ausschließlich positiver (n=37) und ausschließlich negativer (n=32) Energiebilanz

PEB				NEB			
Gr.	n	HF (Schläge/min)		Gr.	n	HF (Schläge/min)	
		p=0,31				p>0,99	
		MW	SD			MW	SD
B1	4	89	5	B1	5	84	9
B2	3	89	6	B2	8	85	11
B3	3	92	13	B3	8	85	11
B4	7	82	8	B4	3	83	10
B5	8	82	8	B5	2	87/89	/
B6	7	82	7	B6	3	85	6
B7	5	84	6	B7	3	87	3

Die Anzahl der Tiere, die sich in einer PEB befanden, nahm mit steigendem LT zu. Folglich verringerte sich die Anzahl der Tiere in einer NEB mit steigendem LT. In der PEB-Gruppe waren numerisch höhere HF-Werte in den Gruppen B1 bis B3 (89 bis 92 Schläge/min) vorhanden. Die HF variierte in den Gruppen B4 bis B7 um Werte von 82 bis 84 Schlägen/min. Die HF der NEB-Gruppe schwankte von 83 Schlägen/min in den Gruppen B4 und B1 und 87 Schlägen/min in der Gruppe B7 ohne zu- bzw. abnehmenden Trend. Die Gruppen B1 bis B7 unterschieden sich statistisch in ihrer HF weder in der PEB- noch in der NEB-Gruppe (s. Tabelle 22).

4.2.5.3 Zusammenhang zwischen Herzfrequenz, Körperkondition und Milchleistung

Die Abbildung 20 beschreibt den Zusammenhang zwischen der Milchleistung (kg FCM) und dem Quotienten aus dem BCS der aktuellen Messung und dem mittleren BCS der jeweiligen Kuh über die gesamte Messperiode (BCS-Quotient) als fixe Variable und der HF als abhängige Variable.



¹Quotient aus dem BCS der aktuellen Messung und dem mittleren BCS der Kuh über alle Messungen

Abbildung 20: Verteilung der Herzfrequenz (Schläge/min) in Abhängigkeit von der Milchleistung (kg FCM) und von dem BCS-Quotienten, n=69

Es wird bei einem BCS-Quotienten von 1 eine Energieversorgung entsprechend dem Bedarf angenommen und als Folge daraus für einen BCS-Quotienten von unter 1 eine PEB, für einen BCS-Quotienten von über 1 eine NEB angenommen. Bei sinkendem BCS-Quotienten

und gleichbleibender Milchleistung stieg die HF, bei steigendem BCS-Quotienten und gleichbleibender Milchleistung sank die HF (s. Abbildung 20).

4.2.5.4 Leistungsmerkmale in Relation zur Herzfrequenz

Der Quotient aus HF und Milchleistung fiel in den ersten LT von seinem Maximum mit 2,51 (Gr. B1) auf sein Minimum von 1,87 (Gr. B2). Im Laufe der weiteren Laktation stieg er bis zum 95. LT auf 2,27 (Gr. B7) an. Statistisch waren zwischen den Gruppen B1 bis B7 keine Unterschiede zu verzeichnen. Der Quotient aus HF und ME-Aufnahme zeigte sein Maximum von 0,35 in Gruppe B1 (LT 8) und sank dann stetig ab bis 0,30 in Gruppe B5 (LT 66) und Gruppe B7 (LT 81). Auch hier unterschieden sich die Gruppen B4 bis B7 mit Werten von 0,31 und 0,30 nicht voneinander. Gr. B1 unterschied sich von Gr. B4 signifikant (s. Tabelle 23).

Tabelle 23: Gruppe B1-B7: Quotient aus Herzfrequenz und Milchleistung und Quotient aus Herzfrequenz und ME-Aufnahme, n=69

Gr.	n	HF/kg FCM			HF/MJ ME-Aufnahme		
		p=0,20			p<0,01		
		Q25	MD	Q75	Q25	MD	Q75
B1	9	2,27	2,51	2,59	0,32	0,35 ^a	0,41
B2	11	1,80	1,87	2,28	0,31	0,33 ^{ab}	0,37
B3	11	1,81	2,09	2,50	0,30	0,33 ^{ab}	0,34
B4	10	1,86	2,15	2,22	0,29	0,31 ^b	0,31
B5	10	2,13	2,21	2,39	0,28	0,30 ^{ab}	0,32
B6	10	2,02	2,26	2,51	0,30	0,31 ^{ab}	0,33
B7	8	2,04	2,27	2,54	0,29	0,30 ^{ab}	0,32

4.3 Ergebnisse der Wetterdaten

Abschnitt A

Die mittlere Stalltemperatur während der Messungen der Tiere des Abschnitts A schwankte zwischen den Werten $16,2 \pm 3,33^\circ\text{C}$ (Gr. A3) und $18,5 \pm 0,76^\circ\text{C}$ (Gr. A4). Die mittlere relative Luftfeuchtigkeit variierte von $63,2 \pm 3,47\%$ in der Gr. A1 bis $72,8 \pm 6,88\%$ in der Gr. A3. Hier war ein signifikanter Unterschied zu verzeichnen (s. Tabelle 24).

Tabelle 24: Gruppe A1-A4: Stalltemperatur ($^\circ\text{C}$) und relative Luftfeuchtigkeit (%), MW \pm SD, Min- und Max-Werte, n=23

Gr.	Stalltemperatur ($^\circ\text{C}$)				relative Luftfeuchtigkeit (%)			
	p=0,68				p=0,02			
	MW	SD	Min-Wert	Max-Wert	MW	SD	Min-Wert	Max-Wert
A1	18,0	5,51	11,7	23,9	63,2 ^a	3,47	59,2	69,0
A2	17,9	1,42	16,8	19,9	70,8 ^{ab}	2,73	68,0	73,3
A3	16,2	3,33	10,4	21,0	72,8 ^b	6,88	62,0	87,4
A4	18,5	0,76	17,3	19,0	70,4 ^{ab}	4,96	64,4	74,7

Abschnitt B

Bis LT 66 (Gr. B1 bis B5) traten mittlere Stalltemperaturen von $13,3 \pm 6,37^\circ\text{C}$ (Gr. B4) bis $16,8 \pm 5,68^\circ\text{C}$ (Gr. B2) auf. Im weiteren Verlauf der Messungen sank die mittlere Stalltemperatur auf $11,0 \pm 10,9^\circ\text{C}$ (Gr. B7, LT 95). Die relative Luftfeuchtigkeit während der HF-Messung der Tiere des Abschnitts B schwankte zwischen $70,3 \pm 10,9\%$ (Gr. B1) und $78,5 \pm 8,00\%$ (Gr. B6, s. Tabelle 18).

Tabelle 25: Gruppe B1-B7: Stalltemperatur ($^\circ\text{C}$) und relative Luftfeuchtigkeit (%), MW \pm SD, Min- und Max-Werte, n=69

Gr.	Stalltemperatur ($^\circ\text{C}$)				relative Luftfeuchtigkeit (%)			
	p=0,46				p=0,52			
	MW	SD	Min-Wert	Max-Wert	MW	SD	Min-Wert	Max-Wert
B1	16,0	5,23	9,25	23,2	70,3	10,9	53,0	84,6
B2	16,8	5,68	7,08	22,1	72,8	10,6	57,8	89,1
B3	16,1	5,89	5,92	24,4	70,8	11,1	55,2	82,8
B4	13,3	6,37	4,04	19,9	74,1	11,0	57,8	86,4
B5	15,4	7,54	5,92	24,4	72,6	8,33	60,3	84,6
B6	12,2	6,99	3,67	20,7	78,5	8,00	63,8	88,8
B7	11,0	10,90	-3,54	21,9	75,9	3,25	72,6	81,8

4.3.1 Korrelation von Stalltemperatur und relativer Luftfeuchtigkeit zur Herzfrequenz

Weder zwischen der HF und der Stalltemperatur noch zwischen der HF und der relativen Luftfeuchtigkeit bestand eine Abhängigkeit (s. Abbildung 21 und 22). Die

Korrelationskoeffizienten und die Gleichungsparameter dieser Beziehungen können Tabelle 28 entnommen werden.

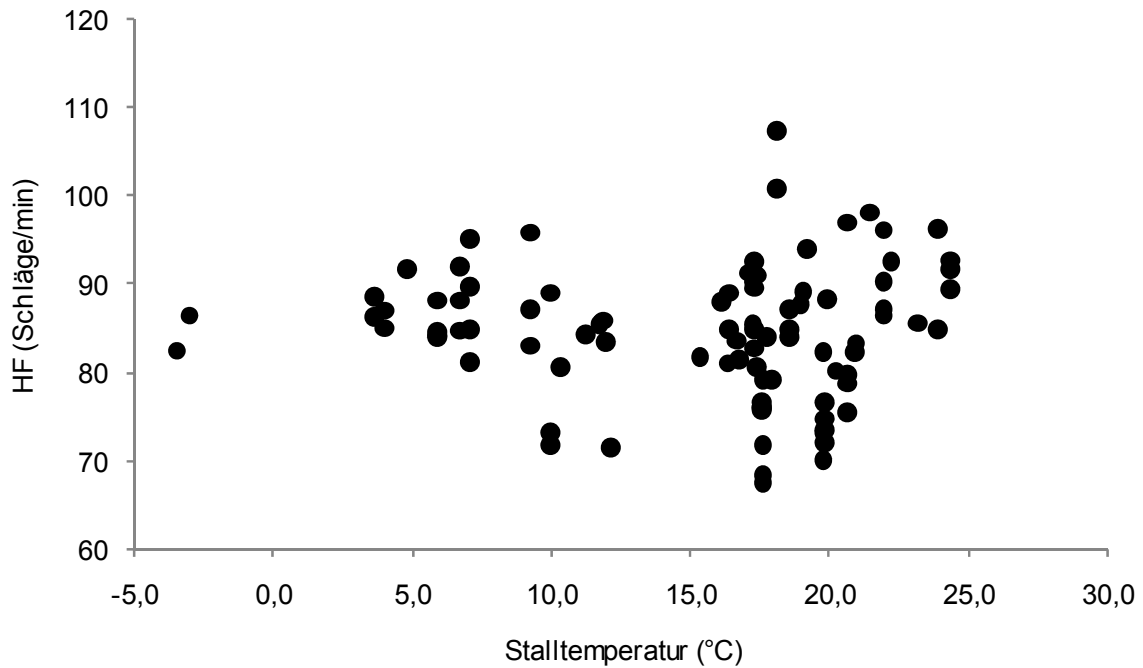


Abbildung 21: Verteilung der Herzfrequenz (Schläge/min) in Abhängigkeit von der Stalltemperatur (°C), n=92

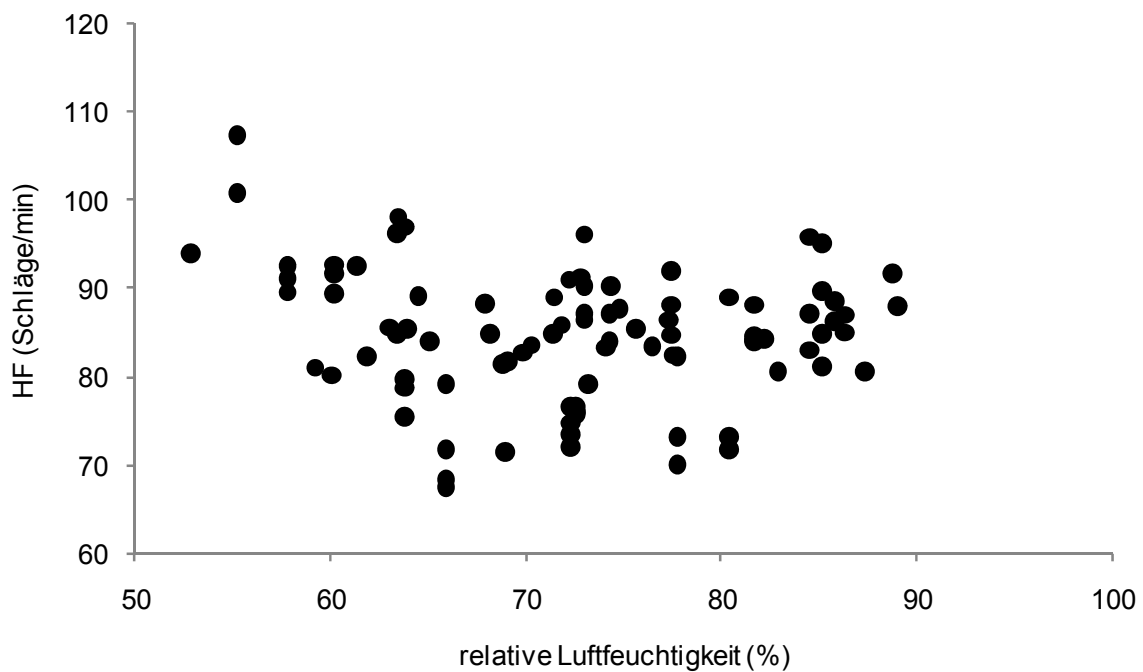


Abbildung 22: Verteilung der Herzfrequenz (Schläge/min) in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit (%), n=92

4.3.2 Darstellung des Tagesverlaufes der Herzfrequenz bei warmer und bei kalter Temperatur

Beispielhaft wurden während einer Messung an heißen und kalten Tagen der Einfluss der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit auf den Tagesverlauf der HF untersucht und in Abbildung 23 und 24 dargestellt. Die ähnlichen Leistungsparameter der beiden Kühe sind in Tabelle 26 aufgeführt. Die Kurven der HF, der Stalltemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit zeigen den Mittelwert über die drei Messtage.

Tabelle 26: Vergleich von verschiedenen Parametern der Kuh 24 und der Kuh 65 zur Messung in Abbildung 23 und 24, n=2

Kuh	Nr. Laktation	KM (kg)	Milch-Leistung (kg FCM)	LT	HF (Schläge/min)	Stalltemperatur (°C)	relative Luftfeuchtigkeit (%)
24	3	600	33,4	10	86	23,21	63,1
65	2	620	37,5	94	87	-3,08	77,4

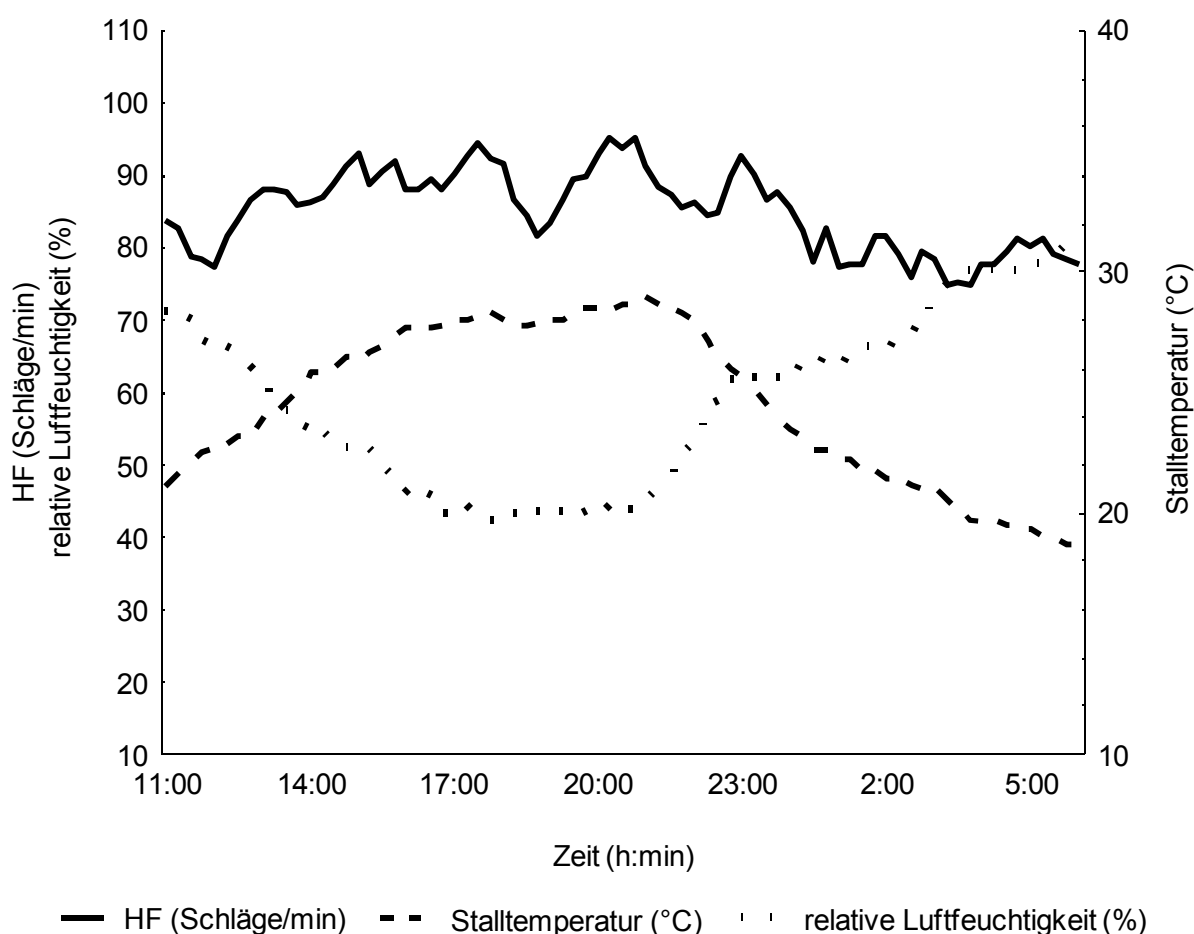


Abbildung 23: Kuh Nr. 24: Darstellung des mittleren Tagesprofils vom 07.07.-09.07.11: Herzfrequenz (Schläge/min), Stalltemperatur (°C) und relative Luftfeuchtigkeit (%)

In Abbildung 23 (warme Periode) variierte die Stalltemperatur von 18,7 bis 28,8°C mit einem deutlichen Unterschied zwischen Tag- und Nachtrhythmus. Die relative Luftfeuchtigkeit nahm Werte im Bereich zwischen 42,5 und 82,0% an und verhielt sich entgegengesetzt zur Umgebungstemperatur. Die HF schwankte über die drei Messtage zwischen 75 und 95 Schlägen/min. Es bestand in ihrem Tagesverlauf ein sehr geringer Unterschied zwischen Tag und Nacht und keine Abhängigkeit der HF von der Stalltemperatur oder der relativen Luftfeuchtigkeit.

Während der Messung in der kalten Periode (Abbildung 24) betrug der Min-Wert der Stalltemperatur -5,67°C und ihr Max-Wert 1,25°C. Die relative Luftfeuchtigkeit schwankte zwischen 67,7 und 84,7%. Die HF nahm Werte zwischen 77 und 106 Schläge/min an. Im Gegensatz zum Sommer (Abbildung 23) war hier ein deutlicher Unterschied zwischen Tag und Nacht erkennbar. Die Kurven von Stalltemperatur und HF hatten ihr Maximum zu unterschiedlichen Zeiten des Tages, ihr Abfall in den Nachtstunden war jedoch ab ca. 21 Uhr annähernd parallel.

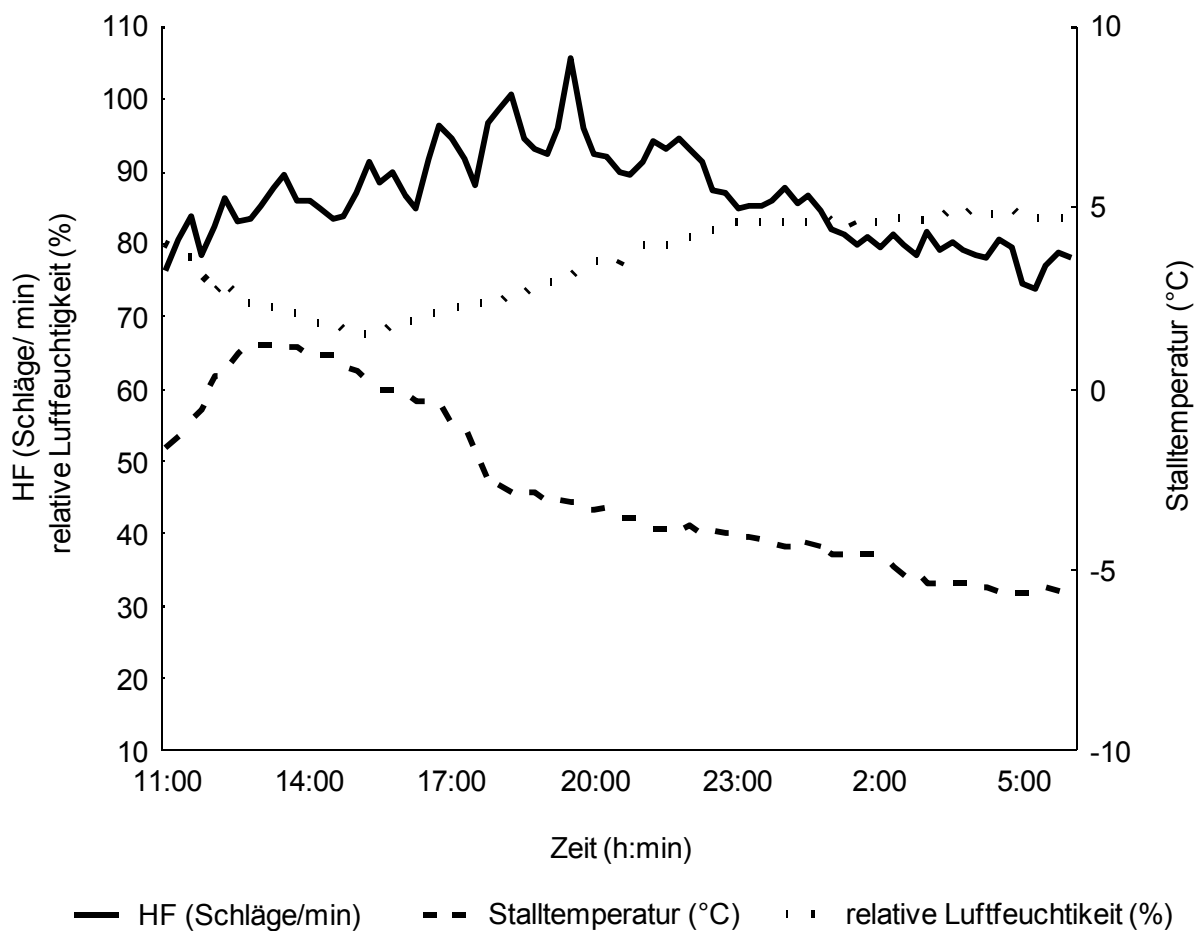


Abbildung 24: Kuh Nr. 65: Darstellung des mittleren Tagesprofils vom 29.01.-31.01.12: Herzfrequenz (Schläge/min), Stalltemperatur (°C) und relative Luftfeuchtigkeit (%)

4.4 Berechnungen zum Sauerstoffverbrauch

Die Kühe hatten einen Gesamt-VO₂ von 7048 l/d (Gr. B1) bis 6512 l/d (Gr. B6), wobei die Werte der Gruppen B1 8 Tage p.p. und B2 22 Tage p.p. numerisch deutlich über den Werten der restlichen Gruppen lagen. Der VO₂ für die Leistung variierte von 3431 l/d (Gr. B6) bis 3814 l/d (Gr. B2). Der Anteil des VO₂ für die Leistung am Gesamt-VO₂ schwankte eng zwischen 53 und 56%, wobei kein eindeutiger Trend in Abhängigkeit vom LT zu erkennen war. Der VO₂ pro kg FCM war in den ersten Tagen p.p. am höchsten (105 l/kg in Gr. B1) und fiel stetig auf sein Minimum von 88 l/kg am 52. LT (Gr. B4, s. Tabelle 27).

Tabelle 27: Gruppe B1-B7: Parameter des Sauerstoffverbrauchs (VO₂ gesamt (l/d), VO₂ Leistung (l/d), VO₂/kg FCM (l/kg)), kalkulierte Werte, n=69

Gr.	n	VO ₂ gesamt (l/d)		VO ₂ Leistung (l/d)		VO ₂ /kg FCM (l/kg)	
		p=0,99		p=0,95		p=0,35	
		MW	SD	MW	SD	MW	SD
B1	9	6850	994	3753	725	117	46,6
B2	11	6760	1126	3698	892	91,3	30,3
B3	11	6816	1214	3753	1005	95,0	26,0
B4	10	6593	1021	3485	782	88,6	18,7
B5	10	6633	984	3524	764	96,6	15,0
B6	10	6548	787	3446	607	95,2	17,0
B7	8	6664	679	3611	511	98,2	13,0

4.5 Korrelation der Herzfrequenz zu ausgewählten Parametern

Die folgenden Ergebnisse wurden aus den Daten aller HF-Messungen berechnet (n=92). In Abbildung 25 und 26 sind ausschließlich die laktierenden Kühe abgebildet (n=86).

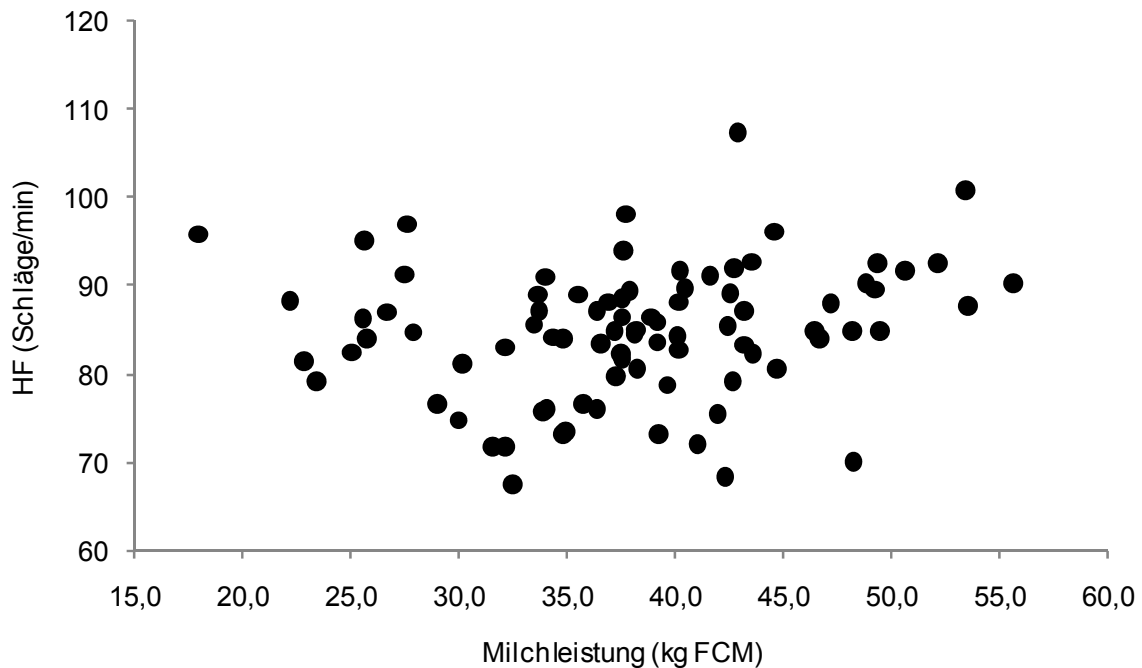


Abbildung 25: Verteilung der Herzfrequenz (Schläge/min) in Abhängigkeit von der Milchleistung (kg FCM), n=86

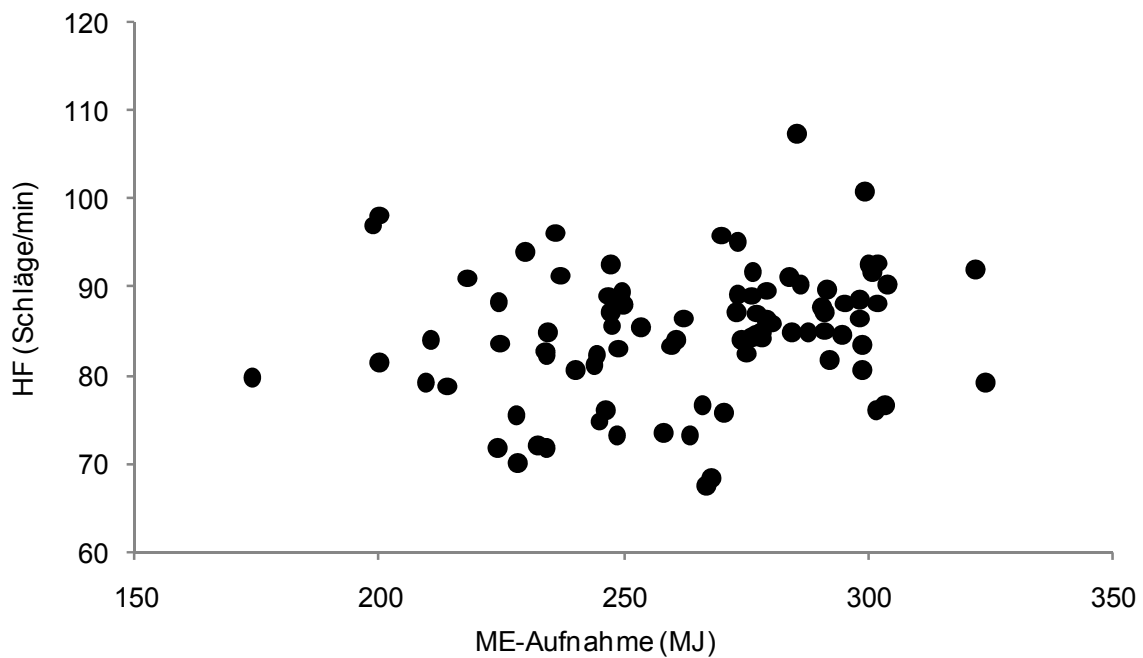


Abbildung 26: Verteilung der Herzfrequenz (Schläge/min) in Abhängigkeit von der ME-Aufnahme (MJ), n=86

Zwischen der HF und den dargestellten Parametern (Milchleistung und ME-Aufnahme) bestand kein Zusammenhang. Die Korrelationskoeffizienten für die HF und die Gleichungsparameter dieser und anderer ausgewählter Beziehungen sind in Tabelle 28 zusammengefasst. Die engste Beziehung trat zwischen der HF und dem Alter, der HF und der KIT und der HF und dem Graviditätstag auf. Diese Beziehungen waren signifikant.

Tabelle 28: Gleichungsparameter a und b, Korrelationskoeffizient r und p-Wert für die Beziehung der Herzfrequenz (Schläge/min) zu ausgewählten Parametern

Parameter	n	Gleichungsparameter ¹		r	p
		a	b		
Stalltemperatur (°C)	92	85,0	-0,02	0,01	0,95
Energiebilanz (MJ)	92	84,6	0,00	-0,03	0,77
relative Luftfeuchtigkeit (%)	92	93,4	-0,12	-0,10	0,36
Milchleistung (kg FCM)	86	78,7	0,16	0,23	0,03
ME-Aufnahme (MJ)	86	73,1	0,04	0,26	0,01
KIT (°C)	92	-174	6,80	0,44	<0,01
Alter (Monate)	92	94,1	-0,19	-0,44	<0,01
Graviditätstag (Trockensteher)	6	48,0	0,15	0,83	0,04

¹für $HF=a+bx$; x=Parameter in Spalte 1

Multifaktorielle Ansätze (ausschließlich für die laktierenden Kühe) mit der HF als abhängigem Parameter sind in Tabelle 29 zu finden. Aus Einzelparametern mit signifikantem Zusammenhang zur HF (s. Tabelle 28) wurden mögliche Kombinationen gewählt.

Tabelle 29: multifaktorielle Beziehung der Herzfrequenz (Schläge/min) als abhängiger Parameter zu ausgewählten Einzelparametern

Beziehung	unabhängige Parameter	p-Niveau Einzelparameter
1	Alter (Monate)	<0,01
	Milchleistung (kg FCM)	<0,01
2	KIT (°C)	<0,01
	Milchleistung (kg FCM)	0,18
3	KIT (°C)	0,07
	Milchleistung (kg FCM)	<0,01
	Alter (Monate)	<0,01

Da sowohl in Beziehung 2 als auch in Beziehung 3 das p-Niveau eines Parameters nicht signifikant war, wurde aus diesen Parametern keine multiple Regression abgeleitet.

Für Beziehung 1 ergab sich folgendes Modell:

$HF = 83,92 + 0,34 * \text{Milchleistung} - 0,25 * \text{Alter}$,

mit $p < 0,01$, $r^2 = 0,34$, einem Standardfehler (StdF) von 6 Schlägen/min; Alter in Monaten und Milchleistung in kg FCM.

4.6 Besonderheiten

Es sollen die Messtage beschrieben werden, die aufgrund einer Erkrankung der Kuh oder einer Lehrveranstaltung aus der Bewertung ausgeschlossen wurden. Verglichen wurden hier die MW der HF und die Max-Werte der HF an den betroffenen Tagen im Vergleich zu den direkt angrenzenden Messtagen ohne besonderes Ereignis (s. Tabelle A-15). Es wurde auf eine Statistik verzichtet und nur ein Trend beschrieben, da die Tierzahl sehr klein war. Fand an Messtagen eine Lehrveranstaltung im Kuhstall statt, wurde die mittlere HF der Zeit der Lehrveranstaltung mit der mittleren HF der gleichen Zeit der angrenzenden Tage ohne Veranstaltung verglichen. Die HF war zu Zeiten mit Lehrveranstaltung gleich (86 Schläge/min) wie an den angrenzenden Tagen zur gleichen Zeit ohne Lehrveranstaltung (85 Schläge/min). Hier handelte es sich sowohl um Veranstaltungen ohne Kontakt zu den Tieren als auch um Veranstaltungen mit Manipulation an den Tieren wie rektale Untersuchungen, Schieben einer Nasenschlundsonde oder Blutentnahmen. Die maximale HF trat nur bei zwei von zehn Kühen innerhalb der Zeit auf, in der die Lehrveranstaltung abgehalten wurde (13:55 Uhr und 14:23 Uhr). In der Brunst erfuhr die HF eine kleine numerische Erhöhung von 85 auf 87 Schläge/min. Die HF bei Tieren mit und ohne Endometritis puerperalis war gleich (85 bzw. 86 Schläge/min). Bei den Tieren, die während der Messung Fieber entwickelten, zeigte sich eine erhöhte HF während der Fieberphase im Gegensatz zu angrenzenden Messtagen mit Normaltemperatur (102 zu 95 Schläge/min). Tiere mit Lahmheit hatten während dieser Versuche eine numerisch erniedrigte HF (von 85 auf 83 Schläge/min).

4.7 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

Die HF zeigte sowohl in Abhängigkeit von der Milchleistung als auch in Abhängigkeit vom LT keine signifikanten Unterschiede. Sie erfuhr allerdings eine große Variation über den Tag. Hier gab es in Zeiten der Ruhe eine Abstufung der HF in Abhängigkeit von der Leistung. Klimadaten wie Stalltemperatur und relative Luftfeuchtigkeit hatten in dieser Untersuchung keinen Einfluss auf die HF. Die HF korrelierte mäßig mit der KIT. Außerdem gab es einen mäßigen negativen Zusammenhang mit dem Alter bzw. der Laktationsnummer der untersuchten Kühe, was sich numerisch in den Gruppen B1 bis B7 darstellen ließ. Am 22. LT (Gr. B2) war der Unterschied zwischen der HF der erstlaktierenden Kühe im Vergleich mit der HF der älteren Tiere signifikant. Der hohe Zusammenhang zwischen HF und Graviditätstag bei trockenstehenden Kühen muss wegen der sehr kleinen Tierzahl vorsichtig gewertet werden.

5 Diskussion

5.1 Kritik der Methoden

5.1.1 Auswahl der Versuchstiere

Die gebildeten Gruppen umfassten vier bis elf Tiere, die sich in der ersten bis sechsten Laktation befanden. Sowohl in den eigenen Ergebnissen als auch in der frühen Literatur (THOMAS und MOORE 1950) gab es Differenzen zwischen der HF der Kühe in der ersten Laktation und der HF der Kühe ab der zweiten Laktation (s. Tabelle 21). Deswegen wäre es sinnvoll, bei künftigen Untersuchungen zur HF der Milchkuh die Gruppen zwischen erstlaktierenden Tieren und Kühen ab der zweiten Laktation zu trennen. Der Graviditätstag der trockenstehenden Kühe variierte in dieser Untersuchung von 166 bis 270 d. Da dieser einen Einfluss auf die HF der hochträchtigen Kuh hat (THOMAS und MOORE 1950; DAVIDSON und BEEDE 2009), wäre eine geringere Variation des Graviditätstages bei weiteren Messungen anzustreben. Es sollte dann die HF in einem einheitlich späten Stadium der Trächtigkeit gemessen werden, um den Unterschied zur laktierenden Kuh besser herausheben zu können.

5.1.2 Versuchsaufbau

Die Messung der HF wurde an drei bis fünf aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt. Sowohl bei den Kühen des Abschnitts A als auch bei den Tieren des Abschnitts B wurde nur eine Statuserhebung der KM dokumentiert. Bei den Kühen des Abschnitts B, bei denen die Veränderungen der HF in Abhängigkeit vom LT untersucht wurden, wäre es wünschenswert gewesen, auch die Veränderungen der KM zu erfassen und die Kühe vor jeder Messung zu wiegen. Die Veränderung der KM allein ist jedoch kein guter Indikator einer Fettmobilisation oder -speicherung (ROCHE et al. 2009). Bei Einschmelzung von Körperfett wird dieses in der frühen Laktation teilweise durch Wasser ersetzt und der Anteil an mobilisiertem Fett ist größer als der Verlust von KM (SCHRÖDER und STAUFENBIEL 2006). Der gleiche Effekt wird durch eine vermehrte Füllung der Vormägen und des Magen-Darm-Traktes bei beginnender Steigerung der TS-Aufnahme erreicht (SCHRÖDER und STAUFENBIEL 2006). Bei jeder Messung wurde aber der BCS der Kühe bestimmt, der die Situation der subkutanen Fettdepots der Kuh wiedergibt.

Die Milchinhaltsstoffe Fett, Eiweiß und Harnstoff wurden alle vier Wochen im Rahmen der Milchleistungsprüfung untersucht und diese Ergebnisse zur Auswertung herangezogen. So lag die Messung der HF im ungünstigsten Fall bis zu 14 Tage vor oder nach einer Bestimmung der Milchinhaltsstoffe. Durch eine gleichzeitige Bestimmung der HF und der Milchinhaltsstoffe würde bei allen Tieren die Überprüfung der Ration zeitnah stattfinden und bei den Kühen des Abschnitts B der Verlauf der Milchinhaltsstoffe exakter festgehalten werden. 23% der laktierenden Kühe hatten einen Fett-Eiweiß-Quotienten von über 1,5 und

standen somit unter dem Verdacht, an einer subklinischen Ketose erkrankt zu sein (MARTIN et al. 2007). Durch eine Bestimmung der nicht veresterten FS (NEFA) und/oder von beta-Hydroxybutyrat (BHB) im Blut würde man mehr Informationen über den Energiestatus der Einzelkuh erlangen und könnte die kalkulierte Energiebilanz zusätzlich absichern.

5.1.3 Fütterung der Tiere

Auf eine Einzeltierfütterung mit exakter Bestimmung der täglich aufgenommenen Futtermenge wurde verzichtet, da in dieser Arbeit die HF unter Feldbedingungen gemessen werden sollte. Die manuelle Zuteilung des Mais- und des Sojaextraktionsschrotes und der Kraftfutterabruf des Einzeltieres ließen trotzdem eine relativ genaue Bestimmung der aufgenommenen Menge dieser Futtermittel zu. Anders sah es beim Grundfutter aus. Bei jedem Futterwechsel wurde zwar in der höherlaktierenden Gruppe die Aufnahme des Grundfutters kontrolliert, die Gruppe umfasste aber bis zu 18 Tiere. Kritisch zu bewerten sind auch die Sommermonate, in denen die Tiere zeitweise Zugang zur Weide hatten. Weidegang erfolgte in der Regel nachts, die Aufnahme des Weidegrases konnte nur geschätzt werden. Die in dieser Zeit gefütterte Anwelksilage wies geringe bis deutliche Mängel im Energiegehalt (s. Tabelle A-2), in der Akzeptanz und im Hygienestatus auf. An Tagen mit einer adäquaten Frischgrasaufnahme konnte jedoch trotzdem eine ausreichende Energieaufnahme gewährleistet werden. An 16 von 37 Messtagen in dieser Zeit kamen die Tiere v.a. aus Witterungsgründen nicht auf die Weide. An diesen Tagen war eine bedarfsdeckende Energieaufnahme nicht möglich.

5.1.4 Überprüfung der Ration der Kühe anhand der Milchleistungsdaten Fett (%), Eiweiß (%) und Harnstoff (mg) nach MARTIN et al. (2007)

Die folgende Beurteilung der Ration wurde nach Tabelle 30 und MARTIN et al. (2007) durchgeführt.

Tabelle 30: Orientierungswerte für die Nutzung der Milchinhaltsstoffe zur Beurteilung der Ration, modifiziert nach MARTIN et al. (2007)

Milchinhaltsstoff	Orientierungswerte (für Holstein-Friesian)
Fett	>3,0% <5,0 %
Eiweiß	>3,2% (Einzeltier) Schnittpunkt der Regressionsgeraden mit der 3,2% - Eiweißlinie >30 kg FCM, möglichst geringe Streuung
Fett-Eiweiß-Quotient	1,0-1,5 Anteil der Tiere innerhalb dieser Grenzen >90%
Harnstoff	150-300 mg/kg Milch

Da alle Tiere des Versuchs einen Fettgehalt in der Milch von über 3% hatten, lag kein Hinweis auf einen Rohfasermangel vor. 23% der Kühe hatten einen Milchfettgehalt von über 5% und damit Anzeichen auf Lipomobilisation aufgrund eines Energiemangels (s. Abbildung A-5). Von diesen Kühen befanden sich rechnerisch jedoch nicht alle Tiere in einer NEB. Drei von 20 Kühen mit einem Milchfettgehalt von über 5% befanden sich in einer PEB. Zwei davon (Nr. 32 und Nr. 57) befanden sich über dem 150. LT, hier kann man von einem physiologischen Anstieg des Fettgehaltes in der Milch zum Ende der Laktation ausgehen. Die dritte Kuh (Nr. 24) mit einer PEB aber einem Milchfettgehalt von über 5% befand sich 10 d p.p. und hatte wahrscheinlich eine geringere TS-Aufnahme als kalkuliert. 10 Tiere (12% der gesamten laktierenden Tiere im Versuch) befanden sich in einer Energiebilanz zwischen -66,0 und -32,3 MJ NEL und wiesen trotz des kalkulierten Energiemangels einen Milchfettgehalt zwischen 3,62 und 4,46% auf. Da diese Tiere nur zwischen 2,43 und 3,45% ihres Körpergewichts an TS aufgenommen hatten, ist davon auszugehen, dass die tatsächliche TS-Aufnahme dieser Kühe über der errechneten lag. Dadurch wäre es durchaus möglich, dass die Anzahl der Kühe mit einer kalkulierten NEB bei einer realistischeren TS-Aufnahme geringer wäre.

Knapp ein Drittel der laktierenden Kühe hatte einen Milcheiweißgehalt von unter 3,2%, was auf eine Energie- und Proteinunterversorgung hindeutet. Die geringe Streuung und der Schnittpunkt der Regressionsgerade mit der 3,2% - Hilfslinie bei ca. 44 kg FCM lässt aber auf eine ausreichende Energieversorgung der Herde schließen (s. Abbildung A-6). Auch dieser Zusammenhang spräche für eine geringere Anzahl Kühe in einer NEB als kalkuliert.

In der 6-Felder-Tafel wurde die absolute Energie- und Eiweißversorgungssituation der Kühe dieses Versuchs dargestellt (s. Abbildung A-7). Wenige Tiere (4%) hatten einen Energiemangel bei adäquater Futteraufnahme und Proteinversorgung (Feld 6). Ein Energieüberschuss (Feld 1) oder ein Proteinüberschuss (Feld 3) konnte bei 13 bzw. 11 % der Kühe festgestellt werden. Eine unzureichende Futteraufnahme und/oder einen Proteinmangel (Feld 4) oder einen Energiemangel (Feld 5) hatten insgesamt 26% der Tiere. 46% der Kühe wiesen einen Harnstoffgehalt zwischen 150 und 300 mg und einen Eiweißgehalt von über 3,2% auf (Feld 2) und waren optimal mit Energie und Eiweiß versorgt. Von diesen Tieren hatten jedoch nur knapp zwei Drittel eine PEB, so dass man auch hier zu dem Schluss kommen könnte, dass die Anzahl der Kühe, der sich zum Messzeitpunkt in einer NEB befand, geringer war als kalkuliert.

Bei Betrachtung der Abbildung A-8 kann das Energie-Eiweiß-Verhältnis in der aufgenommenen Futtermittelration beurteilt werden. Hier fällt auf, dass die niedrig- und die hochlaktierenden Kühe optimal versorgt waren, was im Widerspruch zur NEB und Unterversorgung an nRp der Kühe der Gr. A4 (s. Abbildung 4 und Tabelle 12) steht. In der Leistungsgruppe 30 bis 45 kg FCM wiesen Schwankungen von über 150 mg im Harnstoffwert auf Ungenauigkeiten in der Kraftfutterzuteilung oder individuell erheblich variierende TS-Aufnahmen hin. Die Kraftfutterzuteilung im Versuchsbetrieb erfolgte über einen Kraftfutterautomaten. Es ließ sich regelmäßig beobachten, dass rangniedrige Tiere aus diesem verdrängt wurden, ehe sie ihre abgerufene Ration aufnehmen konnten. So könnten Differenzen in der Kraftfutterzuteilung entstanden sein. Variierende TS-Aufnahmen der Einzelkühe waren ein Problem der Fütterung in den oben schon erwähnten Sommermonaten, da an Tagen ohne Weidegang nur eine Anwelksilage mit schlechter Akzeptanz zur Verfügung stand.

5.1.5 Technik der Herzfrequenzmessung

Dank der in den Gurt integrierten Elektroden war eine zuverlässige und durchgängige Messung der HF möglich. In einzelnen Fällen fand in Zeiträumen von bis zu 30 min keine Messung statt (s. Kapitel 3.12) und nur wenige Messtage mussten aufgrund des Fehlens von Stunden wiederholt werden. Nur ein Tier hatte seinen Gurt ganz verloren und bei einer Kuh war der Gurt über die Nacht so verrutscht, dass keine Messung mehr durchgeführt wurde.

Das Umwickeln des Gurtes mit Frischhaltefolie, welches zur Feuchthaltung der Elektroden über den langen Zeitraum notwendig war, war die Ursache für Druckstellen im Widerristbereich einiger Kühe. Es waren vier von 23 Kühen des Abschnitts A betroffen. Probleme gab es auch bei sechs von zwölf Kühen des Abschnitts B, die in den warmen Sommermonaten wiederholt gemessen wurden. Hier traten die Druckstellen ab der zweiten oder dritten Messung auf. Durch lokale Behandlung und umfangreiche Polstermaßnahmen

des Gurtes im betroffenen Bereich konnten die Druckstellen ausheilen und weiteren Druckstellen vorgebeugt werden.

Die verwendete Technik ließ sich insgesamt sehr gut zur HF-Messung des Einzeltieres über drei bis fünf Tage anwenden. Bei einer gleichzeitigen Messung von mehreren Tieren auf Herdenebene sollte allerdings ein praktikableres System gefunden werden. Als Beispiel soll hier auf ein von SIGNER et al. (2010) beschriebenes Fernmesssystem verwiesen werden, welches den Tieren per os eingegeben werden kann. Es befindet sich dann im Retikulum und kann die HF, die KIT und eine Aktivität der Tiere aufzeichnen. Die Anwendung wurde bei folgenden Tierarten erprobt: beim Schaf über einen Zeitraum von sechs Monaten, beim Steinbock über einen Zeitraum von zwei Jahren und beim Rotwild über einen Zeitraum von vier Jahren. Für das Rind ist dieses System auch geeignet (SIGNER et al. 2010).

5.1.6 Einfluss der Umgebungstemperatur

Der Großteil der Versuche wurde in den Monaten April bis Oktober durchgeführt. Hier stellt sich die Frage, ob die Temperaturen der Sommermonate einen Einfluss auf das Ergebnis der HF-Messungen hatten. Die Durchschnittstemperaturen der Versuche befanden sich alle in der thermoneutralen Zone der Milchkühe (s. Kapitel 2.7.3). An einzelnen Messtagen wurde die Grenze der thermoneutralen Zone um wenige Stunden überschritten. Diese Situation entsprach den Bedingungen der Untersuchung von MULLER und BOTHA (1993): bei nur kurzfristiger Erhöhung der HF bei Umgebungstemperaturen bis 31°C sank die HF von Milchkühen wieder auf ihren Ausgangswert. Die Ursache hierfür war eine periphere Vasodilatation und eine damit verbundenen Wärmeabgabe (SINGH und BHATTACHARYYA 1990; MULLER und BOTHA 1993). Somit erfolgte in der vorliegenden Untersuchung vermutlich keine Beeinträchtigung der Ergebnisse der HF durch die Umgebungstemperatur.

5.1.7 Fazit

Die Aufzeichnung der HF und die Dokumentation der täglichen Daten erfolgte sehr zuverlässig, die Fütterungsparameter wurden im Rahmen der Feldbedingungen ausreichend erfasst, so dass eine Auswertung der erhobenen Daten gut möglich war.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

5.2.1 Herzfrequenz, Leistung und Sauerstoffverbrauch

In der vorliegenden Arbeit variierte die HF zwischen 84 und 87 Schlägen/min bei einer Milchleistung von 24,0 bis 47,7 kg FCM und 6 bis 209 LT (s. Abbildung 10 und 19). In der Literatur liegen die HF-Werte zwischen 63 und 85 Schlägen/min bei Kühen mit einer vergleichbaren Leistung (THOMAS und MOORE 1950; FUKUHARA et al. 1983; YAMAMOTO 1989; PURWANTO et al. 1990; MOHR et al. 2002; AHARONI et al. 2003; AHARONI et al. 2005; AHARONI et al. 2006). Die trockenstehenden und hochträchtigen Kühe hatten in dieser Untersuchung eine mittlere HF von 83 Schlägen/min (s. Abbildung 10), in der Literatur werden HF-Werte von 72 bis 92 Schläge/min erzielt (THOMAS und MOORE 1950; FUKUHARA et al. 1983; YAMAMOTO 1989; PURWANTO et al. 1990; MOHR et al. 2002). Damit entsprechen die HF-Werte dieses Versuches den HF-Werten der Literatur. Die große Streuung der HF innerhalb der Leistungsgruppen in dieser Arbeit (SD von 2 bis 11 Schlägen/min) wurde mit einer SD von 7 bis 13 Schlägen/min ebenfalls in der Literatur bestätigt (FUKUHARA et al. 1983; PURWANTO et al. 1990).

Signifikante Unterschiede gab es zwischen den Leistungsgruppen A2, A3 und A4 bei dem Parameter Milchleistung (s. Tabelle 10). Beim Parameter HF waren jedoch keine statistischen Unterschiede zwischen den Leistungsgruppen zu sichern (s. Abbildung 10). Auch bei den sieben Kühen des Abschnitts B, die in jeder Gruppe vertreten waren, lässt sich kein einheitlicher Trend der HF erkennen, der die Leistung der Tiere betrifft (s. Tabelle 20). Die Messung mit der größten Milchleistung fiel in keinem Fall mit der Messung mit der höchsten HF zusammen.

Die Hypothese, dass die HF bei der Milchkuh bei höherer Milchleistung und höherer Energieaufnahme aufgrund eines leistungsabhängigen höheren VO_2 steigt, muss aufgrund der Ergebnisse dieser Untersuchung verworfen werden.

Im Vergleich zum Erhaltungsstoffwechsel muss die Hochleistungskuh Milch mit einem Energiegehalt von 3,27 MJ/kg bilden. Für die Synthese der Milchinhaltsstoffe benötigt sie ATP, welches nur unter Anwesenheit von O_2 gebildet werden kann (s. Abbildung 1). Die Bildung von Laktose bedarf 6 mmol ATP/g, die von Milchprotein 15 mmol ATP/g und die Fettsynthese bedarf sowohl 11 mmol ATP für die Herstellung von Triglyzeriden als auch 27 mmol ATP/g für die Synthese der Fettsäuren (DAVIS et al. 1988). Dies entspricht 1416 bis 2814 mol ATP für eine tägliche Milchleistung von 24,0 bis 47,7 kg. In der Literatur wird ein Zusammenhang zwischen der Milchleistung und dem VO_2 bestätigt (s. Abbildung A-2). Einigkeit besteht auch in der Tatsache, dass eine vermehrte Wärmeproduktion die Folge einer höheren Leistung ist (YAMAMOTO 1989; PURWANTO et al. 1990; BROSH et al. 2002). Wie kann die Hochleistungskuh also den erforderlichen Mehrbedarf an O_2 für die

ATP-Synthese decken, wenn eine Erhöhung der HF dafür nicht in Frage kommt? Folgende Mechanismen kommen dafür in Betracht:

- Erhöhung des HMV durch eine Erhöhung des SV,
- Erhöhung der O_2 art- O_2 ven.

Eine Erhöhung des SV wurde in der Arbeit von ZARIFI et al. (2012) bestätigt, hier wurde beim Vergleich von niedrig- und hochlaktierenden Kühen ein signifikant höheres SV bei den hochlaktierenden Tieren um den 56. LT festgestellt. Die Höhe des SV in der Untersuchung von ZARIFI et al. (2012) stimmt allerdings nicht mit Daten von DOYLE et al. (1960) überein. In dieser früheren Untersuchung wurde ein um 38% höheres SV gemessen. Die Ursache liegt wahrscheinlich v.a. in der Methodik: ZARIFI et al. (2012) ermittelten das SV ultrasonografisch, DOYLE et al. (1960) wandten bei einer Kuh die Fick-Methode (Messung von VO_2 und O_2 art- O_2 ven) an, um das SV zu bestimmen, bei den anderen Tieren die Farbstoffverdünnungsmethode (beschrieben bei LUND-JOHANSEN 1990). Das HMV, aber auch die HF waren in der Untersuchung von ZARIFI et al. (2012) bei den Hochleistungstieren in der Laktation ebenfalls signifikant höher. Es trugen also sowohl ein größeres SV als auch eine höhere HF zur Erhöhung des HMV bei den Kühen mit einer Milchleistung von über 40 kg FCM bei (ZARIFI et al. 2012). Es sollten weitere Untersuchungen erfolgen, um zu klären, inwieweit auch eine individuelle Variation der Kühe zu diesen Ergebnissen beiträgt. Von besonderem Interesse wären hier Kühe, deren HF sich anhand der Leistung nicht unterscheidet, so dass dieser Faktor im Gegensatz zu den Ergebnissen von ZARIFI et al. (2012) konstant wäre. Wichtig wäre bei einer solchen Untersuchung auch eine homogene TS-Aufnahme der Kühe. Die TS-Aufnahme kann das HMV von laktierenden Kühen beeinflussen, das HMV sinkt nach 24stündigem Fasten (DAVIS und COLLIER 1985).

In der Arbeit von PURWANTO et al. (1990) ging mit einer erhöhten Wärmeproduktion von Milchkühen auch eine erhöhte HF der Tiere bei steigenden Milchleistungen einher. Die Autoren gingen hier von einer Erhöhung des Blutflusses zur Deckung des O_2 -Bedarfes aufgrund einer erhöhten HF bei gleichem SV aus.

Zur Untersuchung der O_2 art- O_2 ven sind keine Untersuchungen von Milchkühen mit variierender Leistung vorhanden. Da der Hb-Gehalt des arteriellen Blutes an sechs Zeitpunkten vom 19. d a.p. bis zum 83. d p.p. konstant blieb (REYNOLDS et al. 2003), ist jedoch von einer Konstanz der O_2 art- O_2 ven in diesem Zeitraum auszugehen.

Einen Ansatz zur Klärung der Konstanz der HF bei verschiedenen Leistungsstadien lieferten auch AHARONI et al. (2006): Bei sinkenden Milchleistungen (42,4 auf 36,7 kg) im Laufe der Laktation und identischer HF (83 bzw. 84 Schläge/min) wurde bei Holstein-Friesian Kühen ein nahezu identischer VO_2 (2236 bzw. 2065 ml $O_2/(kg^{0,75} \cdot h)$) gemessen. AHARONI et al. (2006) begründeten dies wie folgt: Hochleistungskühe halten ihre HP im ersten Drittel der

Laktation wahrscheinlich konstant, obwohl die Milchleistung schon sinkt. Der Teilwirkungsgrad k_l wäre damit nicht konstant und die Nutzung der Energie wäre unterschiedlich. Kühe mit einer hohen Milchleistung hätten vermutlich eine bessere Ausnutzung der Energie aus dem Futter.

5.2.2 Die Herzfrequenz in der Trockenstehphase und in der Hochträchtigkeit

In der vorliegenden Untersuchung gab es beim Vergleich der HF der trockenstehenden Kühe mit der HF der laktierenden Kühe keine signifikanten Unterschiede (s. Abbildung 10). Das entspricht dem Ergebnis von MOHR et al. (2002), die dieses Phänomen dadurch erklärten, dass Hochträchtigkeit und Laktation eine vergleichbare physiologische Leistung darstellen. Das Blutvolumen nimmt v.a. im letzten Drittel der Trächtigkeit zu, ca. 15% des HMV versorgen den Fetus, den Uterus und die Plazenta. Nach der Kalbung wird ein Großteil dieses Blutes direkt der Milchdrüse zugeführt (SVENNERSTEN-SJAUNJA und OLSSON 2005), die Belastung des Kreislaufes durch das vermehrte Blutvolumen in Hochträchtigkeit und Laktation ist miteinander vergleichbar. Das zunehmende Gewicht des Fetus, die vermehrte Durchblutung der Geschlechtsorgane, die Zunahme des Blutvolumens und der Stoffwechselaktivität (DAVIDSON und BEEDE 2009) sind auch die Ursachen für die starke Beeinflussung der HF durch den Graviditätstag. Dieser Zusammenhang wurde in der vorliegenden Arbeit mit $r=0,83$ bestätigt. Die HF steigt, je näher es zum errechneten Kalbetermin kommt (THOMAS und MOORE 1950; DAVIDSON und BEEDE 2009). Die Graviditätstage zweier trockenstehender Tiere der vorliegenden Untersuchung lagen unterhalb von 200 d. Würden diese beiden Kühe mit HF-Werten von 71 und 80 Schlägen/min aus der Berechnung ausgeschlossen, würde man eine mittlere HF von 87 ± 6 Schlägen/min für die trockenstehenden Tiere ($n=4$) im Vergleich zu 83 ± 8 Schlägen/min ($n=6$, Gr. A1) erhalten. Die Energieaufnahme der trockenstehenden Tiere der vorliegenden Untersuchung lag außerdem mit bis zu 54,5 MJ NEL über dem Bedarf. Dies entspricht ca. dem doppelten Energiedarf einer trockenstehenden Kuh und könnte neben der Physiologie der Trächtigkeit ebenfalls ein Grund für eine Angleichung der HF der trockenstehenden Kühe an die HF der laktierenden Tiere in dieser Arbeit sein.

Die Ergebnisse der Höhe der HF von trockenstehenden, hochträchtigen Kühen im Vergleich mit laktierenden Tieren in der Literatur sind zahlreich und widersprüchlich: Zu höheren HF-Werten von trockenstehenden (7 d a.p.) im Vergleich zu laktierenden Kühen kamen HUHNKE und MONTY (1976). Dieser Unterschied war bei Umgebungstemperaturen von 3,3 bis 19,1°C signifikant. Dieser Zusammenhang wurde hier ebenfalls mit einer belastenden höheren Stoffwechsel- und Kreislauftsituation aufgrund der vermehrten Durchblutung der Plazenta in der späten Trächtigkeit erklärt. Eine höhere HF der hochträchtigen Tiere erhielten auch THOMAS und MOORE (1950), FUKUHARA et al. (1983), YAMAMOTO (1989), DAVIDSON und BEEDE (2009) und ZARIFI et al. (2012). ZARIFI et al. (2012)

konnten die höhere HF nur für Kühe mit einer späteren Milchleistung von unter 30 kg ermitteln. Wahrscheinlich gibt es mehrere Faktoren, die die Entwicklung der HF in der späten Gravidität beeinflussen. Die Zunahme des Blutvolumens und die größere Stoffwechselbelastung spielen wahrscheinlich eine große Rolle. Zudem sollte auch eine große individuelle Variation in der Adaptation an diese Vorgänge und die Parität beachtet werden. Die Methodik und die Länge der HF-Messung spielen beim Vergleich der Höhe der HF keine unbedeutende Rolle: THOMAS und MOORE (1950) bestimmten die HF durch Auskultation über eine Stunde am Vormittag, die letzte Futteraufnahme fand drei bis fünf Stunden zuvor statt, es wurde nicht erfasst, welche Menge an Futter bzw. Energie die Tiere aufnahmen. Die Untersuchung von DAVIDSON und BEEDE (2009) war eine Trainingsstudie. Die HF der Kühe ohne Training, deren Ergebnisse hier herangezogen werden, wurde in wenigen Minuten vor der Trainingsphase auf dem Laufband gemessen. ZARIFI et al. (2012) bestimmten die HF an einem Zeitpunkt des Tages ultrasonografisch, es ist keine HF-Messung über 24 h durchgeführt worden. In den Arbeiten von FUKUHARA et al. (1983) und YAMAMOTO (1989) ist die Länge der HF-Messung nicht angegeben.

Im Gegensatz dazu kamen PURWANTO et al. (1990) und ZARIFI et al. (2012) zum Ergebnis einer signifikant niedrigeren HF bei trockenstehenden und hochträchtigen Kühen im Vergleich mit laktierenden Kühen. ZARIFI et al. (2012) erhielten dieses Ergebnis für Kühe mit einer späteren Milchleistung von über 40 kg, die auch ein signifikant höheres SV als niedriglaktierende Tiere aufwiesen. So könnten diese Kühe in der Hochträchtigkeit ihren O₂-Mehrbedarf und die Erhöhung des Blutvolumens durch ein erhöhtes SV bei niedriger HF decken. PURWANTO et al. (1990) begründeten ihr Ergebnis mit einer geringeren Wärmeproduktion analog zur niedrigeren HF bei den trockenstehenden Tieren.

5.2.3 Bezug zum Energiehaushalt

Im vorliegenden Versuch war die HF der Kühe in den Gruppen B1 bis B3 von LT 6 bis 36 numerisch höher als in den folgenden Gruppen (s. Abbildung 19). Eine mögliche Erklärung wäre, dass sich in diesen drei Gruppen mehr Kühe in einer NEB als in einer PEB befanden und dies eine Erhöhung der HF bewirkt. Auch die numerisch höhere HF der Gruppe A4, in der sich rechnerisch alle Tiere in einer NEB befanden, könnte auf diese Weise erklärt werden. Bei Trennung der Tiere des Abschnitts B nach der Energiebilanz lässt sich jedoch erkennen, dass die Tiere mit einer negativen Energiebilanz in diesem Versuch den Trend zu einer niedrigeren HF hatten (s. Tabelle 22). Diese Bewertung muss aufgrund der kleinen und wechselnden Tierzahl der Gruppen sehr vorsichtig erfolgen. Dieser Trend wird in der Literatur bestätigt: In einer Untersuchung von TURBILL et al. (2011) wurde weibliches Rotwild mit 80% des Energiebedarfes gefüttert. Die HF sank in den ersten 8 d nach der Futterrestriktion ab und stabilisierte sich dann auf einem niedrigeren Niveau als die HF der Tiere, die mit 100% ihres Energiebedarfes versorgt wurden. Als möglicher Grund wurde die

Reduktion der Masse (und damit der Durchblutung) der viszerale Organe angenommen. Auch DERNO et al. (2007) korrelierten in ihrer Untersuchung die HF mit der Energieaufnahme: Bei Hereford Ochsen sanken die HF und die Wärmeproduktion gleichermaßen bei einer ME-Aufnahme von 50% der Erhaltung.

Bei der Auswertung der Milchleistungsdaten der vorliegenden Untersuchung (s. Kapitel 5.1.4) wurde festgestellt, dass sich aufgrund einer höheren TS-Aufnahme möglicherweise weniger Tiere in einer NEB befanden als kalkuliert. Es wäre auch möglich, dass die Kalkulation korrekt ist und sich die Tiere trotz NEB in einer besseren Gesamtsituation befanden als vermutet. Die Höhe der NEB sowohl der Kühe des Abschnitts A als auch des Abschnitts B lag mit einem Minimum von -66,0 MJ NEL (Gr. B1) geringgradig unterhalb der Angaben der Literatur (GROSS et al. 2011). Die Ursache ist wahrscheinlich eine größere Milchmenge der Kühe dieses Versuchs. Die Milchleistung lag in der ersten Woche p.p. 6,70 kg über der Milchleistung der Untersuchung von GROSS et al. (2011).

Bei der Betrachtung der Körperkondition der Kühe der Gruppen B1 bis B7 (s. Abbildung 15) fällt eine sehr gut konditionierte Kuh mit einem BCS von 4 in der ersten Messung p.p. auf, die in der zweiten Messung zu LT 22 einen BCS-Punkt abgebaut hatte. Der sehr niedrige BCS-Wert von 1,25 in den Gruppen B2 bis B5 ist der Kuh mit der Stallnummer 92 zuzuordnen, die aufgrund einer Zwillingsfruchtigkeit sehr dünn in die Laktation startete (Ausschluss dieser Kuh aus der Gruppe B1 aufgrund einer Endometritis puerperalis). Die Kühe des Abschnitts B waren also sehr heterogen konditioniert. Bei Betrachtung der Einzelkühe und deren relativer HF zur 1. Messung p.p. (s. Tabelle 20) fällt auf, dass der Verlauf der HF p.p. nicht einheitlich verlief, gerade im Zusammenhang mit der Milchleistung war kein einheitlicher Trend festzustellen. In Abbildung 20 wurde die HF in Abhängigkeit von der Milchleistung und dem BCS-Quotienten dargestellt. Trotz der Heterogenität der Kühe, die Körperkondition und den Verlauf der HF vom 6. bis 95. LT betreffend, wurde hier der Trend einer niedrigeren HF bei einer Energieaufnahme unter dem Bedarf für die Milchkühe dieser Untersuchung bestätigt: Bei gleicher Milchleistung und einem sinkenden BCS-Quotienten (entspricht einer PEB) stieg die HF, bei gleicher Milchleistung und einem steigenden BCS-Quotienten (entspricht einer NEB) sank die HF. Dieser Zusammenhang sollte jedoch unter experimentellen Bedingungen bei der Milchkuh weiter untersucht werden.

Zum Energiehaushalt und zur Körperkondition der Hochleistungskuh in der frühen Laktation sind viele Untersuchungen durchgeführt worden. Zwei neuere Arbeiten sollen hier vorgestellt werden: GROSS et al. (2011) induzierten bei einer Gruppe von Kühen, die sich um den 100. LT befanden, eine NEB mit einer Energieaufnahme von ca. 30% unter Bedarf. Diese Gruppe wurde mit einer Gruppe Kühe in der Früh-Laktation, die ohne äußeren Einfluss eine NEB entwickelten, in Körperkondition, Milchleistung und Stoffwechselparametern wie NEFA- und BHB-Konzentrationen des Serums verglichen. Die Körperkondition (beurteilt anhand

KM- und BCS-Veränderungen) war in der Gruppe mit der induzierten NEB signifikant schlechter. Die Konzentration der NEFAs im Serum jedoch erreichte in der Gruppe mit der induzierten NEL trotz niedrigerer Energiebilanz (-63 im Vergleich zu -42 MJ NEL) mit einem Maximum von 0,27 mmol/l nicht annähernd das Maximum von 0,9 mmol/l der Kühe mit der natürlich entstandenen NEB. GROSS et al. (2011) zogen aus ihrem Versuch die Schlussfolgerung, dass es bei der Hochleistungskuh in der frühen Laktation Stoffwechselvorgänge gibt, die nicht nur aus einer NEB resultieren, sondern einer speziellen Regulation in dieser Zeit unterliegen.

WEBER et al. (2013) untersuchten Milchkühe verschiedener Körperkondition und in unterschiedlichen Stadien der Fettmobilisation. Die Kühe hatten eine Milchleistung von 42 bis 51 kg FCM, die sich in den Gruppen nicht unterschied. In dieser Untersuchung beeinflusste die Fettmobilisation p.p. die TS-Aufnahme und die KM-Veränderungen. Die TS-Aufnahme und die KM-Veränderung waren negativ korreliert. Trotzdem entwickelten auch optimal konditionierte Tiere mit einer höheren TS-Aufnahme die gleiche NEB wie schlecht konditionierte Kühe. WEBER et al. (2013) kamen zu dem Schluss, dass sich die Kühe ihrer Untersuchung auf individuell unterschiedliche Weise an die Stoffwechselbelastung der Laktation anpassten. Hierbei könnte eine unterschiedliche Mobilisation von verschiedenen Fettdepots eine Rolle spielen.

Auch wenn in der vorliegenden Untersuchung in den Gruppen B1 bis B3 der ersten 38 LT der Trend zu einer niedrigeren HF bei einer NEB zu erkennen war, sollte eine individuelle Variation des Stoffwechsels und der Fettmobilisation der Kühe nicht außer Acht gelassen werden.

5.2.4 Externe und interne Einflüsse auf die Herzfrequenz und ihren Verlauf

Das 24 h-Profil der HF der hochlaktierenden Kuh (s. Abbildung 8) zeigte im Vergleich zur trockenstehenden Kuh (s. Abbildung 7) viele HF-Spitzen über den Tag und die Nacht. Kühe mit einer hohen Milchleistung haben eine häufigere Futteraufnahme (GRANT und ALBRIGHT 1995). Die Hochleistungskuh hatte aus diesem Grund nicht so lange Liege- und Ruhephasen wie die trockenstehende und hochträchtige Kuh. Die damit verbundene metabolisch und physisch größere Aktivität könnte die Ursache für den Verlauf der HF der hochlaktierenden Kuh sein.

Die mittlere HF der Gruppen A1, A2 und A4 und der Gruppen B1 bis B6 wies einen ähnlichen Verlauf im 24 h-Profil auf (s. Abbildung 9 und 18). Hier wird bestätigt, dass die Tageszeit einen signifikanten Einfluss auf die HF hat (BROSH et al. 2004; BROSH et al. 2006). Der tägliche Verlauf der HF und seine Abstufungen sind auch ein Resultat der Energieaufnahme (YAMAMOTO 1989; BROSH et al. 1998a; ARIELI et al. 2002; BROSH 2007a). Die Umgebungstemperatur beeinflusst den täglichen Verlauf der HF nur zu 6,5% (MULLER und BOTHA 1993). Eine Variation der HF in Abhängigkeit von der Stalltemperatur

im Sommer war im 24 h-Profil der HF nicht auszumachen (s. Abbildung 23). An kalten Tagen war im Tagesverlauf der HF ein annähernd paralleler Abfall der HF und der Stalltemperatur in den Nachtstunden zu erkennen (s. Abbildung 24). Vermutlich zeigten die Tiere bei den kalten Temperaturen nachts nur sehr wenig Aktivität und hatten daher längere Liege- und Ruhephasen mit einer selteneren Futteraufnahme. In dieser Untersuchung konnte nur ein sehr schwacher Zusammenhang zwischen der mittleren HF und der Stalltemperatur festgestellt werden ($r=0,01$). Dieser wird in der Literatur sowohl für warme als auch für kalte Umgebungstemperaturen bestätigt. Warme Temperaturen beeinflussen die HF von Milchkühen nicht (HUHNKE und MONTY 1976; LEMERLE und GODDARD 1986; MUNDIA und YAMAMOTO 1997). Bei akutem Kältestress steigt die HF (MACDONALD und BELL 1958b; OLSEN 1969; THOMPSON 1973; YOUNG 1981). Dieser Anstieg der HF von Milchkühen war bei einem Temperaturabfall auf -17°C nicht signifikant (MACDONALD und BELL 1958b). Die angegebenen -17°C wurden während der vorliegenden Untersuchung nicht erreicht. Die Milchleistung der Kühe der Untersuchung von MACDONALD und BELL (1958a) mit einer maximalen Milchleistung von 22,6 kg lag unterhalb der Milchleistung der Kühe des vorliegenden Versuches. Deshalb wäre sogar von einer größeren Kältetoleranz der Kühe der vorliegenden Untersuchung aufgrund größerer Wärmeproduktion durch höhere Leistung auszugehen.

Das Alter der Tiere stand in dieser Untersuchung in negativem Zusammenhang zur HF ($r=-0,44$, s. Tabelle 28). Die erstlaktierenden Kühe hatten eine höhere HF als die älteren Tiere, die sich in Gruppe B2 signifikant unterschied (s. Tabelle 21). Das entspricht den Ergebnissen von THOMAS und MOORE (1950). Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass bei diesen Tieren die Umstellung auf die Laktation größer ist als bei Kühen, die sich schon einmal in Laktation befanden. Die Erhöhung des SV erfolgt möglicherweise im Verlauf der ersten Laktation. Eine andere Begründung wäre die Rangordnung innerhalb der Herde. Die Färsen kamen nach der Abkalbung in die Gruppe der laktierenden Kühe und reihten sich unter die rangniedrigen Tiere ein. LEFCOURT et al. (1999) berichteten in ihrem Artikel über eine mehr als zweifache HF-Erhöhung von rangniedrigen Tieren in Stressmomenten, wie z.B. das gemeinsame Verbringen mit einer ranghöheren Kuh in ein Stallabteil.

Anhand der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung wurde ein multifaktorielles Modell zur Schätzung der HF aus dem Alter (Monate) und der Milchleistung (kg FCM) erstellt (s. Kapitel 4.5). Die biologische Relevanz dieser Beziehung ist unbedeutend, da 95% der für die geschätzten Werte vom tatsächlichen Wert 12 Schläge/min sowohl nach oben als auch nach unten abweichen können. Nur 34% der HF-Werte sind auf das Alter und die Milchleistung der Kuh zurückzuführen. Damit ist dieses Modell in der Praxis nicht anwendbar.

In der Brunst erfuhren die Tiere einen Trend zu einer HF-Erhöhung von 85 auf 87 Schläge/min. Dieser Trend entspricht den Ergebnissen der Literatur (THOMAS und

MOORE 1950; LEWIS und NEWMAN 1984; KOELSCH 1992). Es soll jedoch betont werden, dass es für eine Erhöhung der HF mehrere Ursachen gibt und dass man aufgrund einer solchen Veränderung nicht ausschließlich auf eine Brunst schließen kann (KOELSCH 1992). Lahme Kühe zeigten während dieser Versuche den Trend zu einer geringgradig erniedrigten HF (von 85 auf 83 Schläge/min). Das ließe sich durch längere Liegephasen bei lahmen Tieren und einer verminderte TS- und Energieaufnahme im Vergleich zu lahmheitsfreien Tieren begründen. TADICH et al. (2013) teilten in ihrer Arbeit Kühe nach einem Lahmheitsscore von LS 1 (ohne Befund) bis LS 5 (hochgradig lahm) ein. Von Interesse sind die Ergebnisse der Gruppen LS 2 bis LS 4, die im Lahmheitsgrad den lahmen Tieren im vorliegenden Versuch entsprachen. In der Arbeit von TADICH et al. (2013) gab es bei der HF dieser Gruppen keine signifikanten Unterschiede zu lahmheitsfreien Tieren. Das könnte durch die Methodik begründet werden, TADICH et al. (2013) erfassten die HF auskultatorisch in einer Anbindephase von 10 min und nicht über drei bis fünf aufeinanderfolgende Tage. Es soll betont werden, dass die HF-Veränderungen in der Brunst und bei Lahmheit aufgrund einer kleinen Tierzahl nicht statistisch ausgewertet wurden. Hier könnten weitere Untersuchungen mit größeren Tierzahlen über das Verhalten der HF in der Brunst oder bei Lahmheit von Kühen während einer mehrtägigen Messung folgen.

Im vorliegenden Versuch zeigte sich bei den Tieren, die während der Messung Fieber entwickelten, der Trend zu einer Erhöhung der HF. Dies lässt sich mit einer etwa 10%igen Steigerung der Stoffwechselrate bei einer Erhöhung der KIT um 1°C erklären (ELSASSER et al. 2000). Die HF steigt auch bei akutem Schmerz und Stress der Tiere (MOLONY und KENT 1997). Daher ist die HF ein geeigneter Parameter, um das Stressniveau der Tiere zu prüfen (MOHR et al. 2002). In der Untersuchung von MOHR et al. (2002) stieg die HF von gesunden Kälbern im Vergleich mit Kälbern, die entweder unter Stress externer Ursache (Umgebungstemperaturen von über 20°C und Belästigung der Tiere durch Insekten) oder interner Ursache (Durchfallerkrankung) litten, signifikant an. Kühe entwickeln Fieber bei akuten Erkrankungen in der frühen Laktation, wie z.B. bei akuter Mastitis (MEHRZAD et al. 2001; PERKINS et al. 2002) oder Metritis (DRILLICH et al. 2007). Es wäre mit einer größeren Tierzahl zu prüfen, ob die HF für eine Erkennung der fieberhaften Erkrankungen einzusetzen wäre. Hier soll erneut auf das schon beschriebene Fernmesssystem verwiesen werden, welches sich im Retikulum befindet und neben der HF auch die KIT aufzeichnen kann (SIGNER et al. 2010). Es besteht auch schon die Möglichkeit, die vaginale Temperatur mittels eines mikroprozessorgesteuerten Datenspeichers zu erfassen. VICKERS et al. (2010) verglichen die rektal gemessene mit der vaginal gemessenen Körpertemperatur von Milchkühen. Eine hohe Korrelation bestand für Kühe in der frühen Laktation, eine mäßige Korrelation bestand für Kühe, die sich in der Spitze der Laktation befanden (VICKERS et al. 2010). Hier könnte die HF ergänzend genutzt werden.

5.2.5 Abschließende Betrachtung

In Abbildung 27 sind zusammenfassend die eigenen Ergebnisse und die Ergebnisse der Literatur in Bezug auf die Verteilung der HF in Abhängigkeit von der Milchleistung dargestellt.

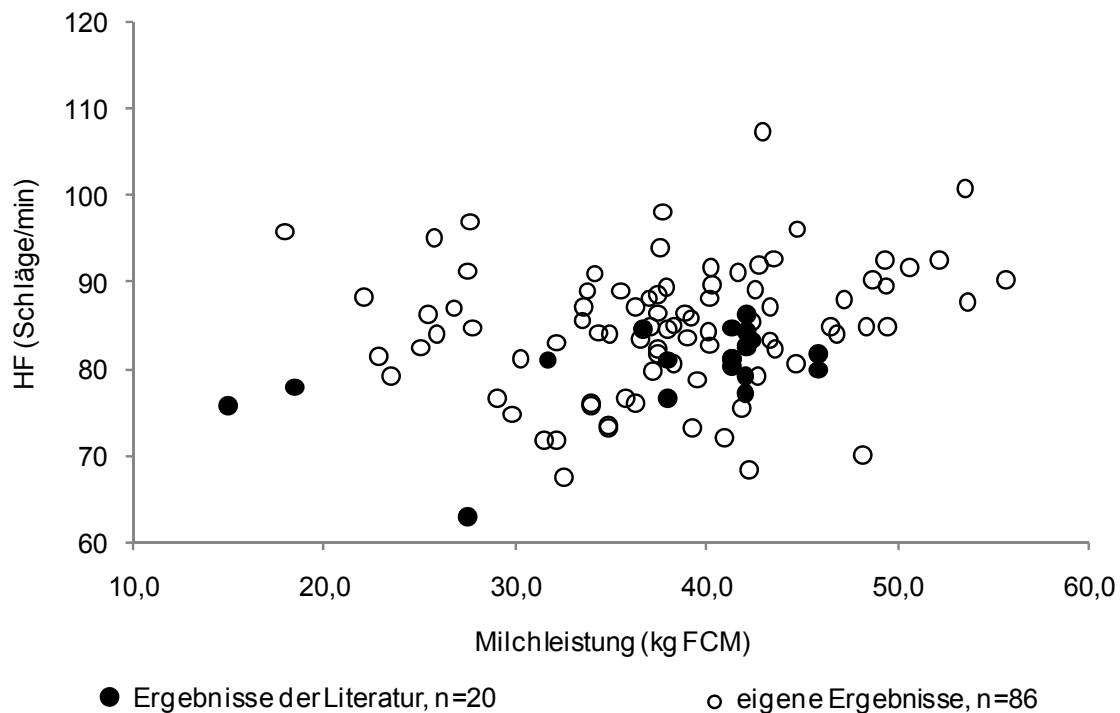


Abbildung 27: Verteilung der Herzfrequenz (Schläge/min) in Abhängigkeit von der Milchleistung (kg FCM), Ergebnisse der Literatur und eigene Ergebnisse, n=106

Die HF und die Milchleistung korrelierten in der vorliegenden Untersuchung nur schwach, Hochleistungskühe hatten keine höhere HF als Kühe mit einer niedrigeren Milchleistung. Die Ursache ist wahrscheinlich ein größeres SV bei Kühen mit hohen Milchleistungen. Das Verhalten der HF bei der NEB der Hochleistungskuh sollte weiter untersucht werden, hier könnten individuelle Unterschiede im Stoffwechsel der frühen Laktation bedeutend sein. Aktuell stellen weiterhin die BHB- und NEFA-Konzentrationen im Serum oder die BCS-Veränderungen die Parameter der Wahl beim Monitoring der NEB dar. In der Zukunft wird der Einsatz telemetrischer Systeme für die Früherkennung von Gesundheits- oder Stoffwechselproblemen der Milchkuh erweitert werden. Die HF wird hier allerdings im Vergleich zur KIT, zum Pansen-pH oder zum Füllungszustand des Pansens keine große Rolle spielen. Sie kann als Indikator für quantitative Veränderungen des EE bei der Einzelkuh oder auf Bestandsebene nicht genutzt werden.

6 Zusammenfassung

Britta von Buttlar

Leistungsbedingte und tageszeitliche Einflüsse auf die Herzfrequenz bei Milchkühen

Institut für Tierernährung, Ernährungsschäden und Diätetik, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig

Eingereicht im September 2013

89 Seiten, 27 Abbildungen, 30 Tabellen, 147 Literaturangaben, Anhang A mit 8 Abbildungen und 15 Tabellen, Anhang B mit 92 Tabellen

Schlüsselwörter: Milchkuh, Herzfrequenz, Energieumsatz

In der Literatur steht die Herzfrequenz (HF) in engem Zusammenhang mit dem Sauerstoffverbrauch und dem Energieumsatz sowohl von Menschen als auch von verschiedenen Tierarten. In der vorliegenden Arbeit sollte die Hypothese überprüft werden, ob Kühe mit einer hohen Milchleistung und einer hohen Energieaufnahme eine höhere HF infolge eines leistungsabhängig höheren Sauerstoffverbrauchs als niedriglaktierende Tiere haben. So könnte die HF als Indikator für quantitative Veränderungen des Energieumsatzes sowohl für die Einzelkuh als auch auf Bestandsebene genutzt werden.

Material und Methoden

In vorliegender Untersuchung wurde die HF von 32 Milchkühen der Rasse Deutsche Holstein gemessen. Die Herde erhielt während der Versuche betriebseigenes Grundfutter sowie Maisschrot, Sojaextraktionsschrot und Milchleistungsfutter II. Die tägliche Futter-, Energie- und Proteinaufnahme wurde bestimmt. Die HF-Messung der Kühe erfolgte in zwei Abschnitten. Abschnitt A: Bei 23 Kühen, unterteilt in unterschiedliche Reproduktions- und Leistungsstadien, wurde an fünf aufeinanderfolgenden Tagen die HF erfasst. Abschnitt B: Bei elf Einzeltieren wurde vom 6. bis 101. Laktationstag (LT) die HF in regelmäßigen Abständen alle 14 Tage und an drei aufeinanderfolgenden Tagen gemessen. Den Tieren wurde hierzu ein Polar Equine RSCX800 Science® Gurt mit integrierten Elektroden, ein dazugehöriger Sender und ein Empfänger (Polar Uhr RS800®) angelegt. Die HF wurde einmal pro Minute gespeichert und alle 24 h in das Computerprogramm Polar Pro Trainer Equine Edition 5® übertragen. Folgende weitere Daten wurden erhoben: Stalltemperatur, relative Luftfeuchtigkeit des Stalles, Body Condition Score, Körpermasse, Körpertemperatur, tägliche Milchmenge, MilCHFett-, Milcheiweiß- und MilChharnstoffgehalt.

Ergebnisse

Abschnitt A: Die trockenstehenden Kühe hatten eine HF von 83 ± 8 Schlägen/min, die laktierenden Kühe wiesen mit steigender Milchleistung (24,0; 37,1 und 47,7 kg fett- und

eiweißkorrigierte Milch) HF-Werte von 84 ± 3 , 85 ± 6 und 87 ± 2 Schlägen/min auf. Abschnitt B: In den ersten 100 Tagen der Laktation verhielt sich die HF mit steigendem LT wie folgt: LT 8: 86 ± 9 Schläge/min, LT 22: 86 ± 11 Schläge/min, LT 36: 87 ± 11 Schläge/min, LT 52: 83 ± 10 Schläge/min, LT 66: 83 ± 10 Schläge/min, LT 81: 83 ± 10 Schläge/min, LT 95: 85 ± 8 Schläge/min. Weder in Abhängigkeit von der Leistung ($p=0,75$) noch in Abhängigkeit vom LT ($p=0,81$) waren signifikante Unterschiede der HF zu verzeichnen. Die HF der trockenstehenden Kühe variierte im Vergleich zur HF der laktierenden Tiere nicht. Während ihres 24 h-Verlaufs unterlag die HF aller Gruppen einer großen Variation. Es war zu Ruhezeiten der Tiere eine leistungsabhängige Abstufung der HF zu erkennen. Die Umgebungstemperatur hatte in dieser Untersuchung keinen Einfluss auf die HF ($r=0,01$; $p=0,95$). Einen signifikanten negativen Zusammenhang gab es zwischen der HF und dem Alter der Tiere ($r=-0,44$; $p<0,01$). Dieser führte am 22. LT zu einem signifikanten Unterschied der HF der erstlaktierenden Kühe im Vergleich mit der HF der älteren Tiere ($p=0,04$). Ein hoher und signifikanter Zusammenhang konnte zwischen der HF und dem Graviditätstag der trockenstehenden Kühe gezeigt werden ($r=0,83$; $p=0,04$). Die Tiere, die sich in einer negativen Energiebilanz befanden, neigten in dieser Untersuchung zu einer niedrigeren HF als die Kühe mit einer positiven Energiebilanz.

Schlussfolgerung

Telemetrische Systeme gewinnen beim Monitoring von Gesundheitsproblemen und Stoffwechselparametern eines Milchviehbestandes zunehmend an Bedeutung. Die HF kann hier jedoch nicht eingesetzt werden, da sie als Indikator für quantitative Veränderungen des Energieumsatzes weder für die Einzelkuh noch auf Bestandsebene geeignet ist. Nach vorliegenden Ergebnissen haben Kühe mit einer höheren Milchleistung und einer höheren Energieaufnahme keine höhere HF.

7 Summary

Britta von Buttlar

Influence of milk yield and day-variation on the heart rate of dairy cows

Institute of Animal Nutrition, Nutrition Diseases and Dietetics, Faculty of Veterinary Medicine,
University of Leipzig

Submitted in September 2013

89 pages, 27 figures, 30 tables, 147 references, appendix A with 8 figures and 15 tables,
appendix B with 92 tables

Keywords: dairy cow, heart rate, energy expenditure

Previous studies have revealed a close relationship between heart rate (HR) and energy expenditure in humans and some other animal species. The present study examined whether dairy cows with a higher milk yield and greater energy intake have a higher HR due to greater oxygen consumption. HR might serve as an indicator of quantitative changes of energy expenditure in an individual or in a group of dairy cows at the herd level.

Materials and methods

The HRs of 32 dairy cows of the German Holstein breed were measured. The cows received forages and fresh beet pulp in combination with ground corn, soybean extracts, and a concentrate during the study. Daily feed, energy, and protein intake were determined. HR measurement was performed in two blocks. In Block A, cows were divided into four groups that differed in reproductive state and milk yield, and HR was measured for five consecutive days. In Block B, every 14 days, HR was recorded for three consecutive days in 11 cows from 6 to 101 days in milk (DIM). A Polar Equine RSCX800 Science® belt with integrated electrodes, a transmitter, and a receiver (Polar RS800®) was applied to the animals. HR was recorded once a minute and transferred every 24 h to the software Polar Pro Trainer Equine Edition 5®. The following data were also collected: stable temperature, stable relative humidity, body condition score, body weight, body temperature, daily milk yield, milk fat, milk protein, and milk urea.

Results

In Block A, dry cows had a HR of 83 ± 8 beats/min, and lactating cows with increasing milk yield (24.0, 37.1, and 47.7 kg energy-corrected milk) showed HRs of 84 ± 3 , 85 ± 6 , and 87 ± 2 beats/min, respectively. In Block B, the HRs were as follows:

8 DIM: 86 ± 9 beats/min, 22 DIM: 86 ± 11 beats/min, 36 DIM: 87 ± 11 beats/min, 52 DIM: 83 ± 10 beats/min, 66 DIM: 83 ± 10 beats/min, 81 DIM: 83 ± 10 beats/min, 95 DIM: 85 ± 8 beats/min. There was not a significant difference in the HR according to milk yield ($p=0.75$) or days of lactation ($p=0.81$). The HR of dry cows did not differ from that of

lactating cows. There was a large variation of HR in all groups during the day. During resting times, HR of the high-yielding cows tended to be higher and HR of the dry cows tended to be lower than the HR of the other groups. The ambient temperature had no influence on HR in this study ($r=0.01$, $p=0.95$). There was a significant negative correlation between HR and a cow's age ($r=-0.44$, $p<0.01$). The HR of primiparous cows was higher than that of multiparous cows, but the difference was only significant when cows were 22 DIM ($p=0.04$). A high and significant correlation was found between HR and pregnancy status ($r=0.83$, $p=0.04$), with HR increasing during pregnancy. Dairy cows with a negative energy balance tended to have a lower HR than cows with a positive energy balance.

Conclusion

Telemetry systems have become increasingly important in monitoring health problems and the parameters of energy metabolism in dairy herds. The results of this study indicate that HR cannot be used as a monitoring tool, because HR is not a suitable indicator of quantitative changes of energy expenditure either at the individual or herd level. According to the results of this study, dairy cows with a higher milk yield and greater energy uptake do not have a higher HR.

8 Literaturverzeichnis

- Agnew RE, Yan T. Impact of recent research on energy feeding systems for dairy cattle. *Livest Prod Sci.* 2000;66:197-215.
- Aharoni Y, Brosh A, Kourilov P, Arieli A. The variability of the ration of oxygen to heart rate in cattle and sheep at different hours of the day and under different heat load conditions. *Livest Prod Sci.* 2003;79:107-17.
- Aharoni Y, Brosh A, Harari Y. Night feeding for high-yielding dairy cows in hot weather: effects on intake, milk yield and energy expenditure. *Livest Prod Sci.* 2005;92(3):207-19.
- Aharoni Y, Brosh A, Kafchuk E. The efficiency of utilization of metabolizable energy for milk production: A comparison of Holstein with F1 Montbeliarde × Holstein cows. *Anim Sci.* 2006;82(01):101-9.
- Amory H, Linden A, Desmecht D, Rollin F, McEntee K, Lekeux P. Technical and methological requirements for reliable haemodynamic measurements in the unsedated calf. *Vet Res Commun.* 1992;16:391-401.
- Amory H. Growth-induced haemodynamic changes in healthy Friesian calves. *Vet Rec.* 1993;132(17):426-34.
- Arieli A, Kalouti A, Aharoni Y, Brosh A. Assessment of energy expenditure by daily heart rate measurement-validation with energy accretion in sheep. *Livest Prod Sci.* 2002;78:99-105.
- Beghin L, Budniok T, Vaksman G, Boussard-Delbeque L, Michaud L, Turck D et al. Simplification of the method of assessing daily and nightly energy expenditure in children, using heart rate monitoring calibrated against open circuit indirect calorimetry. *Clin Nutr.* 2000;19(6):425-35.
- Bell ATG. The effects of acute cold exposure and feeding on the circulation of the young ox (*Bos taurus*), with special reference to the hind leg. *Res Vet Sci.* 1974;17:384-9.
- Bell A, Thompson GE, Findlay J. The contribution of the shivering hind leg to the metabolic response to cold of the young ox (*Bos taurus*). *Pflugers Arch.* 1974;346:341-50.
- Bell A, Clarke PL, Thompson G. Changes in the metabolism of the shivering hind leg of the young ox during several days of continuous cold exposure. *Q J Exp Physiol.* 1975;(60):267-84.
- Bell A, Hilditch T, Horton P, Thompson GE. The distribution of blood flow between individual muscles and non-muscular tissues in the hind limb of the young ox (*Bos taurus*): Values at thermoneutrality and during exposure to cold. *J Physiol.* 1976;257:229-43.
- Bergner H. ATP im Stoffwechsel des Wiederkäuers. *Arch Tierernahr.* 1991;41:665-74.
- Berhan T, Puchala R, Goetsch A, Merkel R. Effects of walking speed and forage consumption on energy expenditure and heart rate by Alpine does. *Small Rumin Res.* 2006;63(1-2):119-24.
- Berman A, Folman Y, Kaim M, Mamen M, Herz Z, Wolfenson D et al. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. *J Dairy Sci.* 1985;68:1488-95.
- Bianca W. Acclimatization of calves to a hot humid environment. *J Agric Sci.* 1959;52:305-12.
- Blackburn MW, Calloway D. Heart rate and energy expenditure of pregnant and lactating women. *Am J Clin Nutr.* 1985;4:1161-9.
- Boyd IL, Bevan R, Woakes A, Butler P. Heart rate and behavior in fur seals: Implications for measurement of field energetics. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 1999;276:H844-H857.
- Breves G, Leonhard-Marek S. Verdauungsvorgänge in den Vormägen. In: Engelhardt W von, Hrsg. *Physiologie der Haustiere.* 3. Aufl. Stuttgart: Enke; 2010. p. 380-9.

- Brody S. Introduction: Factors in the efficiency complex. In: Bioenergetics and growth. 1. Aufl. New York, USA: Reinhold Publishing Corporation; 1945a. p. 1-11.
- Brody S. Energetics, energy units, and dietary-energy categories. In: Bioenergetics and growth. 1. Aufl. New York, USA: Reinhold Publishing Corporation; 1945b. p. 12-36.
- Brody S. Metabolism and pulmonary ventilation in relation to body weight during growth. In: Bioenergetics and growth. 1. Aufl. New York, USA: Reinhold Publishing Corporation; 1945c. p. 404-469.
- Brody S. Energetic efficiency of muscular work and indices of work-reserve capacity. In: Bioenergetics and growth. 1. Aufl. New York, USA: Reinhold Publishing Corporation; 1945d. p. 898-958.
- Brosh A, Aharoni Y, Degen AA, Wright D, Young B. Estimation of energy expenditure from heart rate measurements in cattle maintained under different conditions. J Anim Sci. 1998a;76:3054-64.
- Brosh A, Aharoni Y, Degen AA, Wright D, Young BA. Effects of solar radiation, dietary energy and time of feeding on thermoregulatory responses and energy balance in cattle in a hot environment. J Anim Sci. 1998b;76:2671-7.
- Brosh A, Aharoni Y, Shargal E, Choshniak I, Sharir B, Holzer Z et al. The use of heart rate to measure energy expenditure and energy balance of cattle. In: Chwalibog A, Jakobsen K, Hrsg. Energy metabolism in animals. EAAP publication No. 103. Wageningen: Wageningen Academic Publishers; 2001. p. 19-22.
- Brosh A, Aharoni Y, Holzner Z. Energy expenditure estimation from heart rate: Validation by long-term energy balance measurement in cows. Livest Prod Sci. 2002;77:287-99.
- Brosh A, Robertshaw D, Aharoni Y, Rawson R, Gutman M, Arieli A et al. Estimation of energy expenditure in free-living adult and growing ruminants by heart rate measurement: From cardiovascular system to whole animal. In: Souffrant WB, Metges CC, Hrsg. Progress in research on energy and protein metabolism. EAAP publication No. 109. Wageningen: Wageningen Academic Publishers; 2003. p. 473-6.
- Brosh A, Aharoni Y, Shargal E, Sharir B, Gutman M, Choshniak I. Energy balance of grazing beef cattle in Mediterranean pasture, the effects of stocking rate and season: 2. Energy expenditure as estimated from heart rate and oxygen consumption, and energy balance. Livest Prod Sci. 2004;90(2-3):101-15.
- Brosh A, Henkin Z, Ungar E, Dolev A, Orlov A, Yehuda Y et al. Energy cost of cows' grazing activity: Use of the heart rate method and the Global Positioning System for direct field estimation. J Anim Sci. 2006;84(7):1951-67.
- Brosh A. Heart rate measurements as an index of energy expenditure and energy balance in ruminants: A review. J Anim Sci. 2007a;85(5):1213-27.
- Brosh A. Heart rate measurements as an index of energy expenditure and energy balance in ruminants: A review. In: Ortigues-Marty I, Miraux N, Brand-Williams W, Hrsg. Energy and protein metabolism and nutrition. EAAP publication No. 124. Wageningen: Wageningen Academic Publishers; 2007b. p. 223-4.
- Buchner H, Savelberg H, Schamhardt H, Merkens H, Barneveld A. Kinematics of treadmill versus overground locomotion in horses. Vet Q. 1994;16(sup2):87-90.
- Butler P, Woakes A, Boyd IL, Kanatous S. Relationship between heart rate and oxygen consumption during steady-state swimming in California sea lions. J Exp Biol. 1992;170:35-42.
- Butler P. To what extent can heart rate be used as an indicator of metabolic rate in free-living marine mammals? Symp Zool Soc Lond. 1993;66:317-32.

- Butler PJ, Green JA, Boyd, IL, Speakman, JR. Measuring metabolic rate in the field: The pros and cons of the doubly labelled water and heart rate methods. *Funct Ecol.* 2004;18:168-83.
- Coenen M. The suitability of heart rate in the prediction of oxygen consumption, energy expenditure and energy requirement for the exercising horse. In: Saastamoinen M, Martin-Rosset W, Hrsg. *Nutrition of the exercising horse*. EAAP publication No.125. Wageningen: Wageningen Academic Publishers; 2008. p. 139-46.
- Davidson J, Beede D. Exercise training of late-pregnant and nonpregnant dairy cows affects physical fitness and acid-base homeostasis. *J Dairy Sci.* 2009;92(2):548-62.
- Davis S, Collier RJ. Mammary blood flow and regulation of substrate supply for milk synthesis. *J Dairy Sci.* 1985;68:1041-58.
- Davis S, Collier R, McNamara J, Head H, Croom, WJ, Wilcox, CJ. Effects of thyroxine and growth hormone treatment of dairy cows on mammary uptake of glucose, oxygen and other milk fat precursors. *J Anim Sci.* 1988;66:80-9.
- Dejours P. Comparison of gas transport by convection among animals. *Respir Physiol.* 1972;14:96-104.
- Derno M, Jentsch W, Schweigel M, Matthes H, Mohr E. Adaptional response of energy metabolism to varying environmental conditions in Hereford oxen. In: Ortigues-Marty I, Miraux N, Brand-Williams W, Hrsg. *Energy and protein metabolism and nutrition*. EAAP publication No. 124. Wageningen: Wageningen Academic Publishers; 2007. p. 527-8.
- Donhauser S, Geiger E, Briem F. Automatische Stickstoffbestimmung mittels Verbrennungsmethode. *Brauwelt* 1992;10/11:400-2.
- Doyle JT, Patterson JL, Warren JV, Detweiler DK. Observations on the Circulation of Domestic Cattle. *Circ Res* 1960;8(1):4-15.
- Drillich M, Voigt D, Forderung D, Heuwieser W. Treatment of acute puerperal metritis with flunixin meglumine in addition to antibiotic treatment. *J Dairy Sci* 2007;90(8):3758-63.
- Eaton MD, Evans DL, Hodgson DR, Rose RJ. Effect of treadmill incline and speed on metabolic rate during exercise in Thoroughbred horses. *J Appl Physiol* 1995;79:951-7.
- Elsasser T, Klasing K, Filipov N, Thompson F. The metabolic consequences of stress: Targets for stress and priorities of nutrient use. In: Moberg G, Mench J, Hrsg. *The biology of animal stress: Basic principles and implications for animal welfare*. Wallingford, UK, New York, NY, USA: CABI Pub.; 2000. p. 77-110.
- Evans DL, Rose RJ. Cardiovascular and respiratory responses in Thoroughbred horses during treadmill exercise. *J Exp Biol* 1988;134:397-408.
- Fahlman A, Handrich Y, Woakes A, Bost C-A, Holder R, Duchamp C et al. Effect of fasting on the VO_2 -fH relationship in king penguins, *Aptenodytes patagonicus*. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2004;287(4):R870-7
- Fedak M, Rome L, Seeherrmann H. One-step N_2 -dilution technique for calibrating open-circuit VO_2 measuring systems. *J Appl Physiol* 1981;51:772-6.
- Flatt W, Moe P, Moore L, Hooven N, Lehmann R, Ørskov E. Energy utilization by high producing dairy cows: I. Experimental design, ration composition, digestibility data and animal performance during energy balance trials. In: Blaxter K, Kielanowski J, Thorbek G, Hrsg. *Energy Metabolism of Farm Animals. Proceedings of the 4th Symposium held at Warsaw, Poland, September 1967*. Newcastle upon Tyne, UK: Oriel Press Limited; 1969a. p. 221-34.
- Flatt W, Moe P, Munson A, Cooper T. Energy utilization by high producing dairy cows: II. Summary of energy balance experiments with lactating Holstein cows. In: Blaxter K, Hrsg. *Energy Metabolism of Farm Animals: Proceedings of the 4th Symposium held at Warsaw, Poland, September 1967*. Newcastle upon Tyne, UK: Oriel Press Limited; 1969b. p. 235-51.

- Froget G, Butler P, Handrich Y, Woakes A. Influence of fasting on heart rate and oxygen consumption. *J Exp Biol* 2001;204:2133-44.
- Froget G, Handrich Y, Le Maho Y, Rouanet J, Woakes A, Butler P. The heart rate/oxygen consumption relationship during cold exposure of the king penguin: A comparison with that during exercise. *J Exp Biol* 2002;205:2511-7.
- Fukuhara K, Sawai T, Yamamoto S. The relationship between heart rate and heat production of dairy cattle in prepartum and postpartum. *Jpn J Zootech Sci* 1983;54(9):497-501.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie). Energetische Futtermittelbewertung und Energiebedarf. In: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. Ausschluß für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Hrsg. 1. Aufl. Frankfurt am Main: DLG-Verl.; 2001a. p. 15-32.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie). Proteinbedarf und Proteinversorgung. In: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. Ausschluß für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Hrsg. 1. Aufl. Frankfurt am Main: DLG-Verl.; 2001b. p. 33-56.
- Gómez Álvarez C, Rhodin M, Byström A, Back W, van Weeren P. Back kinematics of healthy trotting horses during treadmill versus over ground locomotion. *Equine Vet J Suppl* 2009;41:297-300.
- Grant RJ, Albright J. Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle. *J Anim Sci* 1995;73:2791-803.
- Green JA, Butler P, Woakes A, Boyd IL, Holder RL. Heart rate and rate of oxygen consumption of macaroni penguins. *J Exp Biol* 2001;204:670-84.
- Gros G. Atmung In: Engelhardt W von, Hrsg. Physiologie der Haustiere. 3. Aufl. Stuttgart: Enke; 2010. p. 241-80.
- Gross J, van Dorland H, Bruckmaier R, Schwarz F. Performance and metabolic profile of dairy cows during a lactational and deliberately induced negative energy balance with subsequent realimentation. *J Dairy Sci* 2011;94(4):1820-30.
- Hamada T. Estimation of lower critical temperatures for dry and lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 1971;54:1704-5.
- Henderson Y, Prince A. The oxygen pulse and the systolic discharge. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 1914;35:106-15.
- Hoffmann L, Jentsch W, Wittenburg H, Schiemann R. Die Verwertung der Futterenergie für die Milchproduktion: 5. Mitteilung: Zusammenfassende Auswertung der im Oskar-Kellner-Institut durchgeführten Milchviehversuche zur Abhängigkeit der Energieverwertung von der Nährstoffzusammensetzung der Rationen. *Arch Tierernähr* 1972;22:721-42.
- Hoffmann L. Die Verwertung der Futterenergie für die Milchproduktion: 10. Mitteilung: Energienormen für Milchkühe. *Arch Tierernähr* 1974;24:245-61.
- Hopster H, Blokhuis H. Validation of a heart-rate monitor for measuring a stress response in dairy cows. *Can J Anim Sci* 1994:465-74.
- Huhnke M, Monty D. Physiologic responses of preparturient and postparturient Holstein-Friesian cows to summer heat stress in Arizona. *Am J Vet Res* 1976;37:1301-4.
- Huntington G, Eisemann J, Whitt J. Portal blood flow in beef steers: Comparison of techniques and relation to hepatic blood flow, cardiac output and oxygen uptake. *J Anim Sci* 1990;68:1666-73.
- Jones JH, Longworth KE, Lindholm A, Conley KE, Karas RH, Kayar SR et al. Oxygen transport during exercise in large mammals I. Adaptive variation in oxygen demand. *J Appl Physiol* 1989;67:862-70.

- Jones J. Energetic cost of locomotion on different equine treadmills. *Equine Vet J Suppl* 2006;36:365-9.
- Kamalakaran B, Groves W, Freivalds A. Predictive models for estimating metabolic and physical workload based on individual's recorded heart rate and physical characteristics. *Journal of SH&E Research* 2007;4:1-26.
- Kamphues J, Coenen M, Iben C, Kienzle E, Pallauf J, Simon O et al. Allgemeine Angaben über Futtermittel (FM): Energiebewertung. In: Kamphues J, Coenen M, Iben C, Kienzle E, Pallauf J, Simon O, Wanner M, Zentek J, Hrsg. *Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung*. 11. Aufl. Hannover: Schaper; 2009a. p. 28-35.
- Kamphues J, Coenen M, Iben C, Kienzle E, Pallauf J, Simon O et al. Ernährung verschiedener Spezies: Rinder. In: Kamphues J, Coenen M, Iben C, Kienzle E, Pallauf J, Simon O, Wanner M, Zentek J, Hrsg. *Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung*. 11. Aufl. Hannover: Schaper; 2009b. p. 192-224.
- Kamphues J, Coenen M, Iben C, Kienzle E, Pallauf J, Simon O et al. Allgemeine Angaben über Futtermittel (FM): Verdaulichkeit. In: Kamphues J, Coenen M, Iben C, Kienzle E, Pallauf J, Simon O, Wanner M, Zentek J, Hrsg. *Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung*. 11. Aufl. Hannover: Schaper; 2009c. p. 24-7.
- Kirchgeßner M. Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Zur Energiebewertung beim Wiederkäuer. Giesecke D Hrsg. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*; 1995 Feb 28-Mar 3; Göttingen. Frankfurt am Main: DLG Verlag; 1995. p. 121-3.
- Kleiber M. Energie. In: Kleiber M, Hrsg. *Der Energiehaushalt von Mensch und Haustier*. 1. Aufl. Hamburg und Berlin: Paul Parey; 1967a. p. 101-16.
- Kleiber M. Verlust durch die wärmesteigernde Wirkung der Nahrung. In: Kleiber M, Hrsg. *Der Energiehaushalt von Mensch und Haustier*. 1. Aufl. Hamburg und Berlin: Paul Parey; 1967b. p. 218-30.
- Kleiber M. Körpergröße und Grundumsatz. In: Kleiber M, Hrsg. *Der Energiehaushalt von Mensch und Haustier*. 1. Aufl. Hamburg und Berlin: Paul Parey; 1967c. p. 157-83
- Kleiber M. Energetischer Wirkungsgrad der tierischen Produktion. In: Kleiber M, Hrsg. *Der Energiehaushalt von Mensch und Haustier*. 1. Aufl. Hamburg und Berlin: Paul Parey; 1967d. p. 235-64.
- Koelsch R. Applications of activity, milk progesterone and heart rate sensors for dairy reproduction management [Dissertation]. Ithaca: Cornell University; 1992.
- Kuhlmann W, Hodgson D, Fedde MR. Respiratory, cardiovascular and metabolic adjustments to exercise in the Hereford calf. *J Appl Physiol* 1985;53:1273-80.
- Landgren GL, Gillespie J, Fedde MR, Jones B, Pieschl R, Wagner P. O₂ transport in the horse during rest and exercise. *Adv Exp Med Biol* 1988;277:333-6.
- Lefcourt A, Erez B, Varner M, Barfield R, Tasch U. A noninvasive radiotelemetry system to monitor heart rate for assessing stress responses of bovines. *J Dairy Sci* 1999;82:1179-87.
- Lemerle C, Goddard M. Assessment of heat stress in dairy cattle in papua new guinea. *Trop Anim Health Prod* 1986;18:232-42.
- Lewis G, Newman S. Changes throughout estrous cycles of variables that might indicate estrus in dairy cows. *J Dairy Sci* 1984;67:146-52.
- Li R, Deurenberg P, Hautvast J. A critical evaluation of heart rate monitoring to assess energy expenditure in individuals. *Am J Clin Nutr* 1993;58:602-7.
- Lovelady C, Meredith C, McCrory MA, Nommsen LA, Joseph L, Dewey KG. Energy expenditure in lactating women: A comparison of doubly labelled water and heart-rate-monitoring methods. *Am J Clin Nutr* 1993;57:512-8.

- Lukas M, Susenbeth A, Roser U, Neumann O, Becker K, Marhadika I. Heart rate and energy expenditure of draught oxen during long term trials. In: Chwalibog A, Jakobsen K., Hrsg. Energy metabolism in animals. EAAP publication No. 103. Wageningen: Wageningen Academic Publishers; 2001. p. 59-62.
- Lund-Johansen P. The dye dilution method for measurement of cardiac output. *Eur Heart J* 1990;11 Supplement I:6-12.
- MacDonald MA, Bell JM. Effects of low fluctuating temperatures on farm animals: IV. Influence of temperature on milk yield and composition. *Can J Anim Sci* 1958a;38: 160-70.
- MacDonald MA, Bell JM. Effects of low fluctuating temperatures on farm animals: I. Influence of ambient air temperature on the respiration rate, heart rate and rectal temperature of lactating Holstein-Friesian Cows. *Can J Anim Sci* 1958b; 38:10-22.
- Maltz E, Barbosa LF, Bueno P, Scagion L, Kaniyamattam K, Greco LF et al. Effect of feeding according to energy balance on performance, nutrient excretion, and feeding behavior of early lactation dairy cows. *J Dairy Sci* 2013;96:1-18.
- Martin R, Mansfeld R, Hoedemaker M, Kruif A de. Milchleistung und Fütterung. In: Kruif A de, Mansfeld R, Hoedemaker M. Hrsg. Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. 2. Aufl. Stuttgart: Enke; 2007. p. 105-40.
- McLean JA. On the calculation of heat production from open-circuit calorimetric measurements. *Br J Nutr* 1972;27(03):597-600. zitiert nach PURWANTO et al. 1990
- McLean JA, Tobin G. Indirect calorimeters. In McLean JA, Tobin G, Hrsg. Animal and human calorimetry. Cambridge, UK, New York, USA, Melbourne, Australia: Cambridge University Press; 1987. p. 50-119.
- Mehrzaad J, Dosogne H, Meyer E, Burvenich C. Local and systemic effects of endotoxin mastitis on the chemiluminescence of milk and blood neutrophils in dairy cows. *Vet Res* 2001;32:131-44.
- Mohr E, Langbein J, Nürnberg G. Heart rate variability: A noninvasive approach to measure stress in calves and cows. *Physiol Behav* 2002;75:251-9.
- Molony V, Kent J. Assessment of acute pain in farm animals using behavioral and physiological measurements. *J Anim Sci* 1997;75:266-72.
- Moe PW, Tyrrell HF, Flatt WP. Energetics of Body Tissue Mobilization. *J Dairy Sci* 1971;54(4):548-52.
- Muller CJC, Botha JA. Effect of summer climatic conditions on different heat tolerance indicators in primiparous Friesian and Jersey cows. *S Afr J Anim Sci* 1993;23:98-103.
- Mundia C, Yamamoto S. Day-night variation of thermoregulatory responses of heifers exposed to high environmental temperatures. *J Agric Sci* 1997;129:199-204.
- Naumann C. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln (Methodenbuch, Bd.III): Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik. 3. Aufl., Melsungen, Berlin, Basel, Schweiz, Wien, Österreich: Verlag Neumann-Neudamm; 1976.
- Neuwirth JG, Norton JK, Rawlings CA, Thompson FN, Ware GO. Physiologic responses of dairy calves to environmental heat stress. *Int J Biometeorol* 1979;23:243-54.
- Nicol A, Young BA. Short-term thermal and metabolic responses of sheep to ruminal cooling: effects of level of cooling and physiological state. *Can J Anim Sci* 1990;70:833-43. zitiert nach BROSH et al. 1998a
- Nilssen KJ, Johnsen HK, Rognmo A, Blix AS. Heart rate and energy expenditure in resting and running Syalbard and Norwegian reindeer. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 1984;246:R963-R967.

- Olsen J. Physiologic response of cattle to controlled cold exposure: Aortic blood pressure, heart rate and respiratory rate. *Am J Vet Res* 1969;30:47-50.
- Perkins K, VandeHaar MJ, Burton JL, Liesman JS, Erskine RJ, Elsasser TH. Clinical responses to intramammary endotoxin infusion in dairy cows subjected to feed restriction. *J Dairy Sci* 2002;85:1724-31.
- Purwanto B, Abo Y, Sakamoto R, Furamoto R, Yamamoto S. Diurnal patterns of heat production and heart rate under thermoneutral conditions in Holstein Friesian cows differing in milk production. *J Agric Sci* 1990;114:139-42.
- Renecker LA, Hudson RJ. Telemetered heart rate as an index of energy expenditure in moose (*Alces Alces*). *Comp Biochem Physiol A Physiol* 1985;82A:161-5.
- Reynolds CK, Aikman PC, Lupoli B, Humphries DJ, Beever DE. Splanchnic metabolism of dairy cows during the transition from late gestation through early lactation. *J Dairy Sci* 2003;86:1201-17.
- Richards JI. Milk production of Friesian cows subjected to high daytime temperatures when allowed food either ad lib or at night-time only. *Trop Anim Health Prod* 1985;17:141-52.
- Richards JI, Lawrence P. The estimation of energy expenditure from heart rate measurement in working oxen and buffalo. *J Agric Sci* 1984;102:711-7.
- Roche J, Friggens N, Kay J, Fisher M, Stafford K, Berry D. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J Dairy Sci* 2009;92(12):5769-801.
- Rodehutschord M, Petry H. Energiehaushalt. In: Engelhardt W von, Hrsg. *Physiologie der Haustiere*. 3. Aufl. Stuttgart: Enke; 2010. p. 465-75.
- Rohr K. Energie- und Stoffansatz sowie Nährstoffbedarf gravider Rinder. *Übers Tierernährg* 1989;17:27-46.
- Rometsch M, Roser U, Becker K, Susenbeth A. Estimation of the energy expenditure from heart rate measurements in working oxen. *J Anim Sci* 1997;64:409-12.
- Schiemann R; Jentsch W; Hoffmann L; Wittenburg H. Die Verwertung der Futterenergie für die Milchproduktion. 1. Mitteilung: Untersuchungen an Tieren mit unterschiedlichem Leistungspotential. *Arch Tierernähr* 1970;20: 227-51.
- Schröder U, Staufenbiel R. Invited Review: Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. *J Dairy Sci* 2006;89:1-14.
- Seeherrmann H, Taylor C, Maloij G, Armstrong R. Design of the mammalian respiratory system: II. Measuring maximum aerobic capacity. *Respir Physiol* 1981;44:11-23.
- Signer C, Ruf T, Schober F, Fluch G, Paumann T, Arnold W. A versatile telemetry system for continuous measurement of heart rate, body temperature and locomotor activity in free-ranging ruminants. *Methods Ecol Evol* 2010;1(1):75-85.
- Singh K, Bhattacharyya N. Cardio-respiratory activity in Zebu and their F1 crosses with European breeds of dairy cattle at different ambient temperatures. *Livest Prod Sci* 1990;24:119-28.
- Singh S, Newton W. Acclimation of young calves to high temperatures: Physiologic responses. *Am J Vet Res* 1978;39:795-7.
- Stöber M. Fütterungs- und stoffwechselbedingte Krankheiten der Leber. In: *Innere Medizin und Chirurgie des Rindes*. Dirksen G, Gründer H-D, Stöber M Hrsg. 4. Aufl. Berlin, Wien, Österreich: Blackwell Verlag, 2002. p. 648-63.
- Stryer L. Stoffwechselenergie: Erzeugung und Speicherung. In: Stryer L, Hrsg. *Biochemie*. 4. Aufl. Heidelberg, Berlin, Oxford, UK: Spektrum Akad. Verl.; 1996. p. 465-718.

- Svennersten-Sjaunja K, Olsson K. Endocrinology of milk production. *Domest Anim Endocrinol* 2005;29(2):241-58.
- Tadich N, Tejeda C, Bastias S, Rosenfeld C, Green L. Nociceptive threshold, blood constituents and physiological values in 213 cows with locomotion scores ranging from normal to severely lame. *Vet J* 2013;197(2):401-5.
- Taylor C, Heglund N, Maloiy G. Energetics and mechanics of terrestrial locomotion: I. Metabolic energy consumption as a function of speed and body size in birds and mammals. *J Exp Biol* 1982;97:1-21.
- Taylor C, Karas RH, Weibel ER, Hoppeler H. Adaptive variation in the mammalian respiratory system in relation to energetic demand: II. Reaching the limits to oxygen flow. *Respir Physiol* 1987;69(1):7-26.
- Thomas D, Fregin G. Cardiorespiratory drift during exercise in the horse. *Equine Vet J Suppl* 1990;9:61-5.
- Thomas J, Moore L. Variations in heart rate of dairy cows. *J Dairy Sci* 1950:321-8.
- Thompson G. Review of the progress of dairy science, climatic physiology of cattle. *J Dairy Res* 1973;40:441-73.
- Turbill C, Ruf T, Mang T, Arnold W. Regulation of heart rate and rumen temperature in red deer: Effects of season and food intake. *J Exp Biol* 2011;214(6):963-70.
- Tyrrell HF, Reid JT. Prediction of the energy value of cow's milk. *J Dairy Sci* 1965;48:1215-23.
- van Es A. Feed evaluation for dairy cows. *Livest Prod Sci* 1975;2:95-107.
- Vickers L, Burfeind O, Keyserlingk M von, Veira D, Weary D, Heuwieser W. Technical note: Comparison of rectal and vaginal temperatures in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 2010; 93(11):5246-51.
- Vokac Z, Bell H, Bautz-Holter E, Rodahl K. Oxygen uptake/heart rate relationship in leg and arm exercise, sitting and standing. *J Appl Physiol* 1975;39:54-9.
- Weber C, Hametner C, Tuchscherer A, Losand B, Kanitz E, Otten W et al. Variation in fat mobilization during early lactation differently affects feed intake, body condition, and lipid and glucose metabolism in high-yielding dairy cows. *J Dairy Sci* 2013;96(1):165-80.
- Weber JM, Dobson G, Parkhouse W, Wheeldon D, Harmann D. Cardiac output and oxygen consumption in exercising Thoroughbred horses. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 1987;253:R890-R895.
- Webster A. Continuous measurement of heart rate as an indicator of the energy expenditure of sheep. *Br J Nutr* 1967;21:769-85.
- Weiß J. Grundfutterleistung einheitlich berechnen. 2008 (zitiert vom 23.07.2013):1-4, URL:<http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/fachinfos/futtermittel/grundfutter.pdf>.
- White CR, Seymour R. Allometric scaling of mammalian metabolism. *J Exp Biol* 2005; 208(9):1611-9.
- Yamamoto S. Estimation of heat production from heart rate measurement of free living farm animals. *Jpn Agric Res Q* 1989;23:134-43.
- Young BA. Effects of winter acclimatization on resting metabolism of beef cows. *Can J Anim Sci* 1975;55:619-25.
- Young BA. Cold stress as it affects animal production. *J Anim Sci* 1981;52:154-63.
- Young BA, Fenton T, McLean JA. Calibration methods in respiratory calorimetry. *J Appl Physiol* 1984;56:1120-5. zitiert nach PURWANTO et al. 1990

Zarifi M, Buczinski S, Rezakhani A, Mokhber DMR, Khonsha A. Effect of lactation on functional and morphological echocardiographic variables in adult dairy cows. J Vet Cardiol 2012;14(3):415-21.

Zerbini E, Gameda T, O'Neill D, Howell P, Schroter R. Relationships between cardio-respiratory parameters and draught work output in F₁ crossbred dairy cows under field condition. Anim Prod 1992;55:1-10.

9 Anhang A

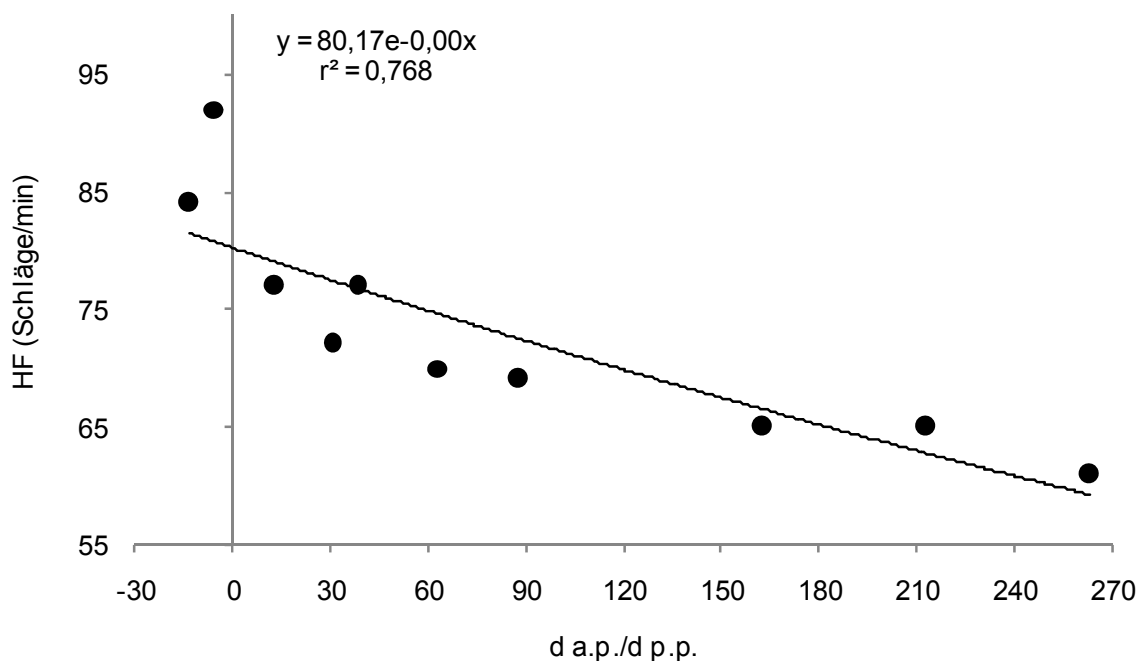


Abbildung A-1: Verteilung der Herzfrequenz (Schläge/min) in Abhängigkeit von den Tagen ante bzw. post partum aus den Daten der Tabelle 4, n=10

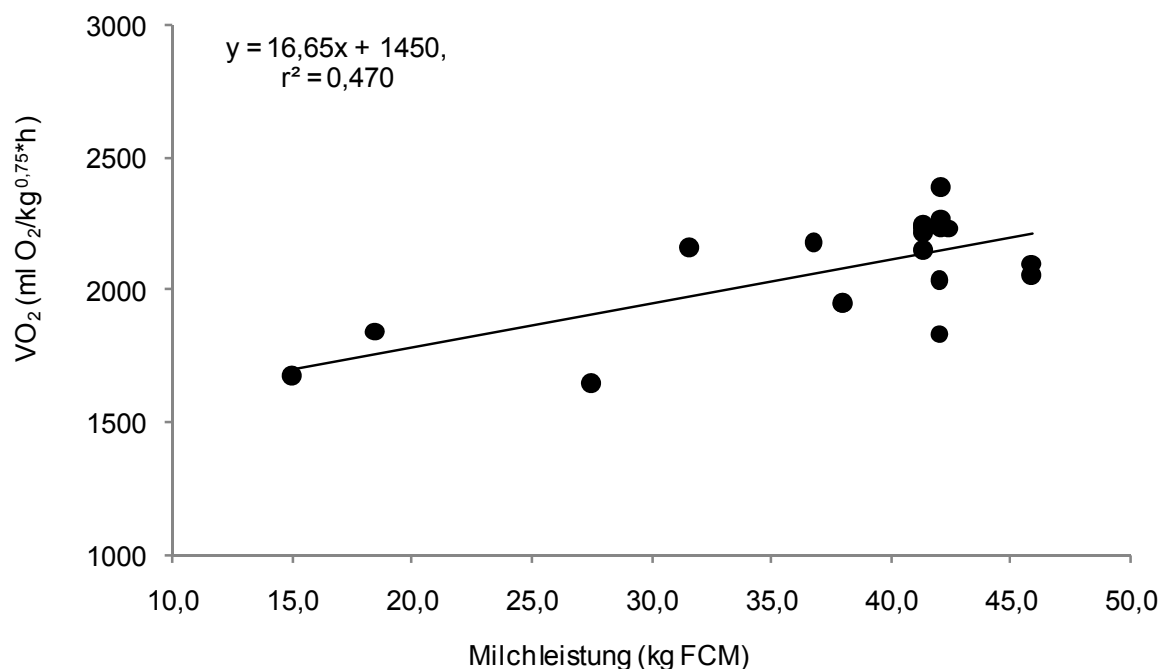


Abbildung A-2: Verteilung des Sauerstoffverbrauchs ($ml\ O_2/kg^{0,75}\cdot h$) in Abhängigkeit von der Milchleistung (kg FCM) aus Daten der Tabelle 3, Darstellung der laktierenden Tiere mit einer täglichen Milchleistung von 15,0 bis 45,9 kg FCM, n=20

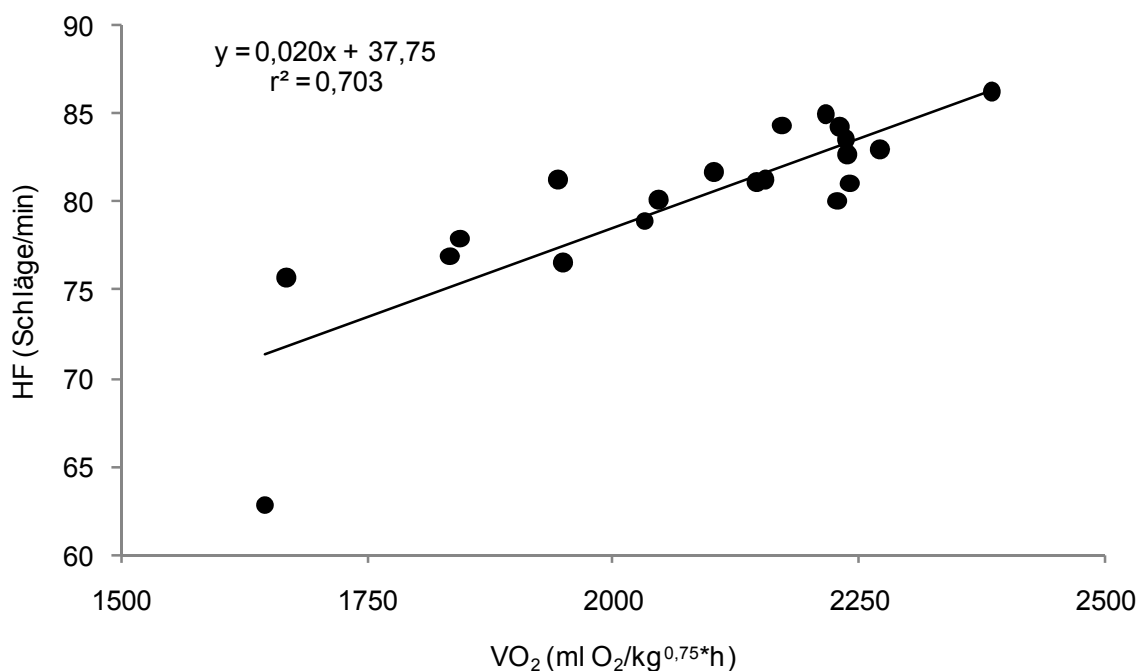


Abbildung A-3: Verteilung der Herzfrequenz (Schläge/min) in Abhängigkeit vom Sauerstoffverbrauch (ml O₂/kg^{0,75}*h) aus den Daten der Tabelle 3, Darstellung der laktierenden Tiere mit einer täglichen Milchleistung von 15,0 bis 45,9 kg FCM, n=20

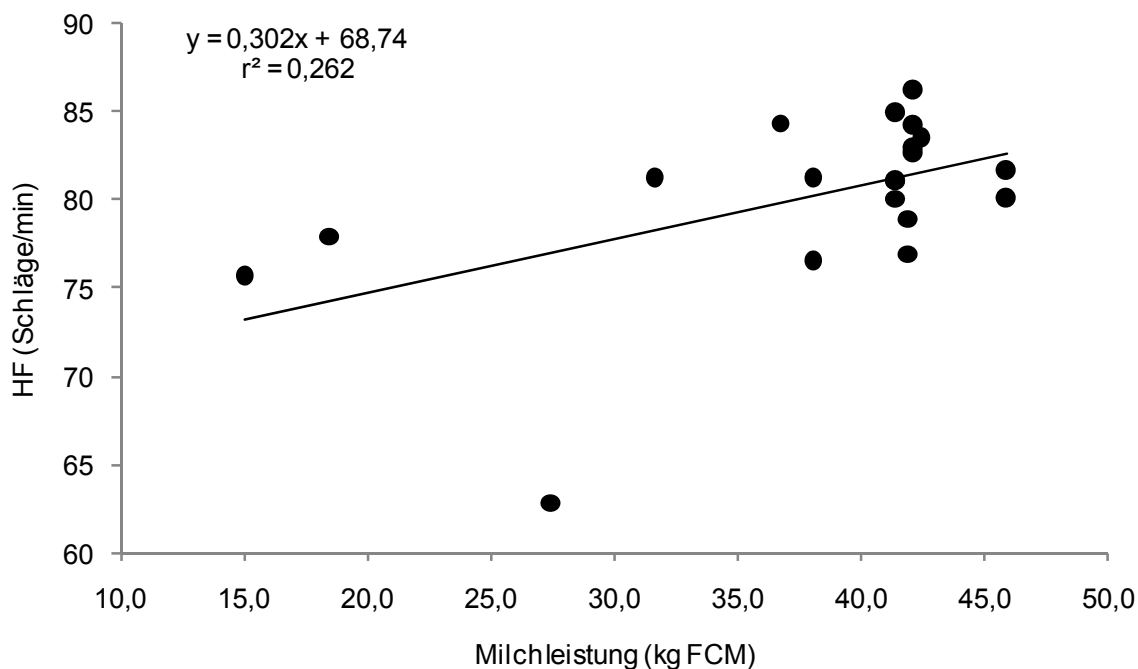


Abbildung A-4: Verteilung der Herzfrequenz (Schläge/min) in Abhängigkeit von der Milchleistung (kg FCM) aus den Daten der Tabelle 3, Darstellung der laktierenden Tiere mit einer täglichen Milchleistung von 15 bis 46 kg FCM, n=20

Tabelle A-1: Zusammenfassung der Modelle der Literatur, die den Zusammenhang zwischen der Herzfrequenz und dem Sauerstoffverbrauch, dem Energieumsatz, der Stoffwechselrate oder der Wärmeproduktion beschreiben (s. Kapitel 2.4, Tabelle enthält die Originalmodelle zu Tabelle 2)

Spezies	Bedingung	HF-Bereich (Schläge/min)	Modell	Gleichungsparameter						r^2	Autor bzw. Autoren
				y	x	a	b	c	d		
Frauen	Laktation, Arbeit	58-147	$y=ax+b$	EE (kcal ⁰¹ /min)	HF ⁰²	0,06	-2,853			0,980	BLACKBURN und CALLOWAY 1985
Kinder	Erhaltung/Arbeit	60-170	$y=ax^3+bx^2+cx+d$	EE (kcal ⁰¹ /h)	HF ⁰²	-0,0001	0,0545	5,00999	181,2	0,980	BEGHIN et al. 2000
Pferd	Arbeit	35-240	$y=ax^b$	VO ₂ /kg KM (ml/min*kg)	HF ⁰²	0,001946	2,0648			0,903	COENEN 2008
Kalifornischer Seelöwe	Erhaltung/Arbeit	65-140	$y=ax+b$	HF ⁰²	VO ₂ /kg KM (ml/min*kg)	3,34	55,4			0,89	BUTLER et al. 1992
Seebär	Arbeit	74-141	$y=ax^b$	VO ₂ /kg KM (ml/min*kg)	HF ⁰²	0,0014	1,995			0,72	BOYD et al. 1999
Gelbschopfpinguin, wbl.	Arbeit	91-193	$y=ax+b$	VO ₂ /kg KM (ml/min*kg)	HF ⁰²	0,29	-18,88			0,83	GREEN et al. 2001
Königspinguin, mnl.	Arbeit	91-149	$y=ax+b$	VO ₂ (ml/min)	HF ⁰²	-248,44	4,723			0,73	FROGET et al. 2001
Königspinguin, mnl.	Fasten (Arbeit)	64-234	$\log y = a + b \cdot \log x + c \cdot t^{04} - d \cdot \log x \cdot t^{04}$	VO ₂ (ml/min)	HF ⁰²	-0,279	1,24	0,0237	-0,0157	0,81	FAHLMANN et al. 2004
Königspinguin, mnl.	Arbeit	55-350	$y=a+bx+cx^2$	VO ₂ (ml/min)	HF ⁰²	-81,03	2,938	-0,005		0,46	HALSEY et al. 2007 ⁰³
Rentier	Arbeit	60-160	$y=ax+b$	HF ⁰²	MR (W/kg)	8,04	48,7			0,92	NILSSEN et al. 1984
Elch	Erhaltung	140-360 ³	$y=ax^b$	MR (kJ/kg KM ^{0,75} /h)	HF ⁰⁵	4,675	0,0068			0,884	RENECKER und HUDSON 1984
Wasserbüffel, mnl.	Arbeit	40-100	$y=ax+b$	HF ⁰²	EE (W)	0,0196	26,0			0,884	RICHARDS und LAWRENCE 1984
Zebu	Arbeit	70-170	$y=ax+b$	HF ⁰²	EE (W)	0,0318	46,2			0,884	RICHARDS und LAWRENCE 1984
Ochsen	Arbeit	48-170	$y=ax+b$	EE (W)	HF ⁰²	39,17	-1294,7			0,90	ROMETSCH et al. 1997
Bullen	Erhaltung	48-120	$y=ax+b$	HP (kJ/kg ^{0,75} *h)	HF ⁰²	0,299	0,791			0,672	YAMAMOTO 1989

⁰¹kcal=Kilokalorien

⁰²(Schläge/min)

⁰³Halsey LG, Fahmann A, Handrich Y, Schmidt A, Woakes AJ, Butler PJ. How accurately can we estimate energy costs in a marine top predator, the king penguin? Zoology. 2007;110:81-92.

⁰⁴t=Fastenzeit (d)

⁰⁵(Schläge/min/kg KM^{-0,25})

Tabelle A-2: GE, ME, NEL (MJ), Umsetzbarkeit q der im Versuch verwendeten Futtermittel

Futtermittel	Datum	GE (MJ/kg)	ME (MJ/kg)	NEL (MJ/kg)	q
Grassilage	12.05.10	4,38	2,30	1,36	72,0
Grassilage	02.04.11	6,76	3,96	2,39	58,6
Grassilage	13.04.11	6,90	3,94	2,37	45,2
Grassilage	20.07.11	4,13	2,03	1,18	49,1
Grassilage	02.08.11	9,31	5,01	2,97	53,8
Grassilage	17.10.11	9,39	4,73	2,76	50,4
Grassilage	08.11.11	10,7	6,36	3,85	59,3
Grassilage	13.02.12	8,00	3,94	2,29	49,3
Preßschnitzel	12.05.10	3,96	2,64	1,65	66,6
Preßschnitzel	02.04.11	3,89	2,65	1,66	68,3
Maissilage	08.11.11	6,21	3,80	2,32	67,4
Frischgras	22.07.11	4,97	2,68	1,59	54,0
Frischgras	01.08.11	3,31	1,78	1,05	53,7
Frischgras	15.08.11	2,90	1,60	0,95	43,9
Frischgras	31.08.11	5,69	3,07	1,82	54,0
Frischgras	13.09.11	5,60	3,02	1,79	43,2
Frischgras	25.09.11	4,63	2,54	1,51	54,7
Frischgras	10.10.11	3,00	1,63	0,96	54,2
Heu	14.05.10	16,5	6,88	3,88	41,8
Heu	29.04.11	16,5	7,35	4,19	44,4
Heu	27.10.11	15,9	8,13	4,77	51,3
Heu	31.01.12	17,1	7,73	4,42	45,0
Weizenstroh	21.07.11	17,6	6,19	3,40	35,2
Sojaextr.schrot	12.05.10	17,9	12,5	7,81	69,6
Sojaextr.schrot	02.04.11	17,4	11,8	7,38	67,4
Sojaextr.schrot	19.04.11	18,0	12,3	7,71	68,4
Sojaextr.schrot	22.06.11	18,1	12,3	7,72	67,9
Sojaextr.schrot	01.09.11	18,2	12,3	7,72	67,5
Sojaextr.schrot	16.10.11	18,4	12,4	7,75	67,1
Sojaextr.schrot	21.11.11	18,2	12,2	7,66	67,0
Sojaextr.schrot	04.01.12	18,0	12,2	7,64	67,5
Maisschrot	12.05.10	16,6	12,0	7,55	72,2
Maisschrot	14.05.10	16,4	11,8	7,45	72,1
Maisschrot	02.04.11	15,7	11,3	7,11	71,7
Maisschrot	08.04.11	17,6	12,7	8,00	72,2
Maisschrot	22.06.11	16,6	11,8	7,46	71,1
Maisschrot	10.07.11	16,1	11,6	7,34	72,4
Maisschrot	01.09.11	17,4	12,5	7,85	71,4
Maisschrot	16.10.11	17,5	12,3	7,77	70,4
Maisschrot	21.11.11	16,4	11,7	7,38	71,4
Maisschrot	21.12.11	16,0	11,7	7,35	72,8
Maisschrot	26.01.12	16,4	11,5	7,26	75,2
MLF II	12.05.10	16,6	11,6	7,20	69,0
MLF II	02.04.11	15,9	11,5	7,20	72,0
MLF II	26.05.11	17,0	11,5	7,20	68,0

Fortsetzung Tabelle A-2: GE, ME, NEL (MJ), Umsetzbarkeit q der im Versuch verwendeten Futtermittel

Futtermittel	Datum	GE (MJ/kg)	ME (MJ/kg)	NEL (MJ/kg)	q
MLF II	09.06.11	17,0	11,5	7,20	67,0
MLF II	22.07.11	17,1	11,5	7,20	67,0
MLF II	10.10.11	16,5	11,6	7,20	70,0
MLF II	21.11.11	16,6	11,6	7,20	70,0
MLF II	21.12.11	16,2	11,6	7,20	72,0
MLF II	05.01.12	16,1	11,6	7,20	72,0
MLF II	31.01.12	16,3	11,6	7,20	71,0
MLF II	gesamt ¹	16,5	11,6	7,20	70,0

¹s. Kapitel 3.6

Tabelle A-3: Ergebnisse der Analyse der Milchleistungsfutter-Mischproben aus dem Boden- und Futtermittellabor der Landwirtschaftlichen Kommunikations- und Service-GmbH Lichtenwalde vom 20.04.12

Daten der Probennahme	02.04.11; 26.05.11; 09.06.11; 22.07.11		10.10.11; 21.11.11; 21.12.11; 05.01.12; 31.01.12	
sensorischer Befund	arteigener Geruch, hellbraune bis braune Färbung, mehlförmig		arteigener Geruch, hellbraune Färbung, mehlförmig	
analytischer Befund	im kg Futter	im kg TS	im kg Futter	im kg TS
TS (g)	920	1000	910	1000
Ra (g)	65	71	55	60
Rp (g)	181	197	176	194
Rfa (g)	102	111	78	86
Rfe (g)	33	36	26	29
Stärke (g)	261	284	324	356
Zucker (g)	67	73	72	79
HFT (ml/200mg)	55,1	59,9	54,8	60,2
ADFom (g)	143	155	113	124
energetischer Futterwert				
NEL (MJ/kg)	7,2	7,8	7,2	7,9
ME (MJ/kg)	11,5	12,5	11,6	12,7

Tabelle A-4: Gruppe A2-A4: Laktationstag, Milchleistung (kg FCM), Milchinhaltsstoffe, n=17

Gr.	Kuh	LT	Milchleistung (kg FCM)	Fett %	Eiweiß %	Harnstoff (mg)
A2	32	208	23,5	5,19	4,33	190
A2	33	205	22,1	4,35	4,06	270
A2	47	234	22,9	3,97	4,11	190
A2	48	209	27,5	4,43	4,01	170
A3	21	46	40,2	4,01	3,26	230
A3	35	148	36,6	4,86	3,78	210

Fortsetzung Tabelle A-4: Gruppe A2-A4: Laktationstag, Milchleistung (kg FCM), Milchinhaltsstoffe, n=17

Gr.	Kuh	LT	Milchleistung (kg FCM)	Fett %	Eiweiß %	Harnstoff (mg)
A3	37	44	39,1	3,94	3,00	130
A3	57	150	34,8	7,36	3,67	190
A3	58	140	36,3	5,25	3,51	170
A3	67	65	33,7	3,66	2,81	150
A3	68	67	37,5	3,97	3,29	140
A3	93	138	38,2	4,93	2,93	220
A3	102	151	37,5	4,96	3,97	220
A4	1	123	46,5	5,94	3,73	230
A4	2	69	42,5	3,88	3,11	130
A4	20	43	48,3	4,45	3,13	160
A4	36	43	53,6	5,28	3,10	140

Tabelle A-5: Gruppe A1-A4: Trockensubstanzaufnahme des Grundfutters, der Konzentrate und der Gesamtration (kg/d), nutzbares Rohprotein am Duodenum: Aufnahme, Bedarf, Differenz aus Aufnahme und Bedarf (g/d), n=23

Gr.	Kuh	TS-Aufnahme gesamt (kg/d)	TS-Aufnahme Grundfutter (kg/d)	TS-Aufnahme Konzentrate (kg/d)	nRp-Aufnahme (g/Tag)	nRp-Bedarf (g/Tag)	nRp-Aufnahme - nRp-Bedarf (g/d)
A1	12	12,7	11,4	1,34	1541	1260	281
A1	22	12,2	11,3	0,87	1466	1175	291
A1	23	14,8	12,9	1,91	1974	1135	839
A1	94	14,8	12,9	1,91	1974	1195	779
A1	103	12,3	11,4	0,91	1457	1270	187
A1	110	12,3	11,4	0,89	1454	1270	184
A2	32	18,0	10,0	7,96	2674	2439	235
A2	33	19,1	10,0	9,12	2879	2273	606
A2	47	17,7	11,6	6,11	2537	2393	144
A2	48	20,2	10,1	10,1	3055	2744	312
A3	21	19,7	10,0	9,67	3191	3731	-539
A3	35	25,4	10,0	15,4	4507	3447	1060
A3	37	19,0	10,0	9,02	3023	3589	-565
A3	57	21,6	9,92	11,7	3270	3340	-70,7
A3	58	20,6	9,92	10,6	3168	3434	-266
A3	67	20,8	10,0	10,9	3200	3131	68,1
A3	68	19,8	10,0	9,82	3038	3539	-501
A3	93	25,4	10,0	15,4	4505	3566	940
A3	102	24,2	10,0	14,2	3986	3591	395
A4	1	23,3	9,92	13,4	3552	4328	-776
A4	2	22,8	10,0	12,8	3634	3925	-291
A4	20	19,6	9,94	9,70	2865	4362	-1497
A4	36	23,8	9,92	13,9	3634	4787	-1152

Tabelle A-6: Gruppe A1-A4: Energieaufnahme (MJ ME, MJ NEL), Energiebedarf (MJ NEL) und Energiebilanz (MJ NEL), n=23

Gr.	Kuh	ME (MJ)	NEL (MJ)	NEL-Bedarf (MJ)	Energiebilanz (MJ NEL)
A1	12	124	74,2	51,0	23,2
A1	22	118	70,7	48,3	22,4
A1	23	161	98,1	43,6	54,5
A1	94	161	98,1	49,3	48,9
A1	103	118	70,3	47,6	22,7
A1	110	118	70,3	47,6	22,7
A2	32	209	129	118	10,6
A2	33	224	138	109	28,8
A2	47	200	123	118	5,23
A2	48	237	146	131	15,7
A3	21	234	145	173	-27,9
A3	35	299	184	157	27,1
A3	37	225	139	165	-26,4
A3	57	261	162	157	5,29
A3	58	248	154	160	-6,16
A3	67	247	153	147	6,12
A3	68	234	144	166	-21,8
A3	93	299	184	165	19,4
A3	102	292	181	166	14,8
A4	1	285	177	197	-20,8
A4	2	273	169	183	-13,7
A4	20	235	145	198	-53,1
A4	36	291	180	216	-35,3

Tabelle A-7: Gruppe B1-B7: Laktationstag, Milchleistung (kg FCM), Milchinhaltsstoffe, n=69

Gr.	Kuh	LT	Milchleistung (kg FCM)	Fett %	Eiweiß %	Harnstoff (mg)
B1	3	9	46,7	3,52	2,96	150
B1	13	8	37,6	4,55	3,08	230
B1	24	10	33,4	6,05	3,33	250
B1	39	6	31,6	5,37	2,92	470
B1	49	13	35,6	3,51	3,30	160
B1	59	8	33,6	4,55	3,69	230
B1	82	7	34,0	6,34	4,06	30,0
B1	85	6	18,0	4,31	3,74	240
B1	95	11	37,3	6,45	3,75	260
B2	4	21	49,4	3,52	2,96	150
B2	14	24	49,3	4,55	3,08	230
B2	25	22	41,9	6,05	3,33	250
B2	40	17	41,0	5,37	2,92	470
B2	50	22	39,1	3,51	3,30	160
B2	60	22	37,1	4,55	3,69	230
B2	70	24	37,8	4,34	3,19	180

Fortsetzung Tabelle A-7: Gruppe B1-B7: Laktationstag, Milchleistung (kg FCM),
Milchinhaltstoffe, n=69

Gr.	Kuh	LT	Milchleistung (kg FCM)	Fett %	Eiweiß %	Harnstoff (mg)
B2	83	22	44,7	6,34	4,06	30,0
B2	86	20	25,7	4,31	3,74	240
B2	96	22	47,1	6,45	3,75	260
B2	105	21	48,2	5,71	3,96	290
B3	5	37	53,4	3,52	2,96	150
B3	15	35	50,7	4,55	3,08	230
B3	26	33	44,7	6,05	3,33	250
B3	41	30	36,3	5,37	2,92	470
B3	51	31	40,0	3,51	3,30	160
B3	61	38	38,0	4,55	3,69	230
B3	71	40	42,8	4,34	3,19	180
B3	84	37	27,6	5,30	3,24	230
B3	87	36	25,8	4,31	3,74	240
B3	97	36	43,5	5,56	3,71	k.A.
B3	106	39	42,2	5,71	3,96	290
B4	6	54	52,2	3,63	2,76	240
B4	16	50	49,5	3,96	2,89	270
B4	27	47	39,3	4,97	2,97	370
B4	42	43	32,2	3,53	2,96	150
B4	53	55	40,4	3,75	3,31	260
B4	62	53	38,2	4,82	3,66	120
B4	72	57	41,5	4,28	3,22	360
B4	88	51	26,7	4,59	3,62	80,0
B4	98	55	42,6	5,56	3,71	k.A.
B4	107	50	34,9	4,70	3,44	390
B5	7	65	43,6	3,63	2,76	240
B5	17	67	43,2	3,96	2,89	270
B5	28	65	32,5	4,97	2,97	370
B5	44	71	32,2	3,53	2,96	150
B5	54	71	40,2	3,75	3,31	260
B5	63	68	36,9	4,82	3,66	120
B5	73	68	37,8	4,28	3,22	360
B5	89	66	27,8	4,59	3,62	80
B5	99	65	35,8	4,67	3,67	390
B5	108	63	34,0	4,70	3,44	390
B6	8	80	55,7	4,64	2,92	210
B6	18	81	39,6	4,62	2,93	340
B6	29	76	29,9	4,43	3,54	370
B6	45	85	30,2	4,18	3,42	130
B6	55	86	40,1	4,12	3,23	100
B6	64	82	37,5	5,05	3,93	250
B6	74	84	42,4	3,74	3,28	230
B6	90	80	25,5	4,20	3,86	240
B6	100	78	34,0	4,67	3,67	390

Fortsetzung Tabelle A-7: Gruppe B1-B7: Laktationstag, Milchleistung (kg FCM), Milchinhaltsstoffe, n=69

Gr.	Kuh	LT	Milchleistung (kg FCM)	Fett %	Eiweiß %	Harnstoff (mg)
B6	109	76	34,9	4,70	3,44	390
B7	9	97	48,7	4,64	2,92	210
B7	19	94	43,2	4,62	2,93	340
B7	30	89	29,0	4,43	3,54	370
B7	46	101	34,4	4,18	3,42	130
B7	56	101	42,7	4,12	3,23	100
B7	65	94	37,5	5,05	3,93	250
B7	75	99	38,9	3,74	3,28	230
B7	91	92	25,1	4,20	3,86	240

Tabelle A-8: Gruppe B1-B7: Trockensubstanzaufnahme des Grundfutters, der Konzentrate und der Gesamtration (kg/d), nutzbares Rohprotein am Duodenum: Aufnahme, Bedarf, Differenz aus Aufnahme und Bedarf (g/d), n=69

Gr.	Kuh	TS-Aufnahme gesamt (kg/d)	TS-Aufnahme Grundfutter (kg/d)	TS-Aufnahme Konzentrate (kg/d)	nRp-Aufnahme (g/Tag)	nRp-Bedarf (g/Tag)	nRp-Aufnahme - nRp-Bedarf (g/d)
B1	3	18,0	9,92	8,02	2696	4246	-1550
B1	13	20,2	12,3	7,89	2954	3539	-585
B1	24	21,9	12,9	8,97	3217	3145	72,3
B1	39	20,7	13,4	7,25	3302	2944	357
B1	49	24,2	11,6	12,6	3992	3335	657
B1	59	24,6	14,9	9,69	4062	3198	864
B1	82	19,4	12,3	7,02	2802	3214	-413
B1	85	22,9	14,9	8,06	3773	1919	1854
B1	95	16,7	8,88	7,49	2613	3561	-948
B2	4	20,8	10,0	10,8	3287	4458	-1171
B2	14	23,7	10,9	12,8	3752	4481	-729
B2	25	20,6	7,89	12,8	3344	3834	-490
B2	40	20,6	9,83	10,8	3392	3698	-306
B2	50	25,3	14,2	11,1	3810	3619	191
B2	60	24,1	14,2	9,90	4005	3486	520
B2	70	17,3	10,0	7,28	2553	3478	-925
B2	83	20,2	9,54	10,7	3156	4092	-936
B2	86	22,9	13,0	9,84	3805	2528	1277
B2	96	22,5	10,7	11,7	3594	4371	-776
B2	105	20,1	9,15	11,0	3418	4409	-991
B3	5	25,1	10,9	14,2	4112	4786	-674
B3	15	23,5	10,9	12,6	3719	4590	-871
B3	26	21,4	9,64	11,7	3456	4065	-609
B3	41	21,0	8,09	12,9	3646	3326	321
B3	51	24,8	12,3	12,5	3833	3695	137

Fortsetzung Tabelle A-8: Gruppe B1-B7: Trockensubstanzaufnahme des Grundfutters, der Konzentrate und der Gesamtration (kg/d), nutzbares Rohprotein am Duodenum: Aufnahme, Bedarf, Differenz aus Aufnahme und Bedarf (g/d), n=69

Gr.	Kuh	TS-Aufnahme gesamt (kg/d)	TS-Aufnahme Grundfutter (kg/d)	TS-Aufnahme Konzentrate (kg/d)	nRp-Aufnahme (g/Tag)	nRp-Bedarf (g/Tag)	nRp-Aufnahme - nRp-Bedarf (g/d)
B3	61	24,1	10,9	13,3	4080	3560	520
B3	71	24,3	11,3	13,0	3832	3889	-56,1
B3	84	18,6	8,39	10,2	2904	2635	269
B3	87	22,6	10,9	11,7	3801	2644	1156
B3	97	21,5	9,57	11,9	3643	4071	-428
B3	106	23,5	11,7	11,8	3873	3919	-46,3
B4	6	25,2	10,9	14,2	4117	4665	-548
B4	16	23,7	10,9	12,8	3758	4501	-743
B4	27	22,2	10,4	11,8	3672	3593	79,8
B4	42	20,8	10,9	9,91	3391	2998	393
B4	53	24,1	11,5	12,6	3959	3724	235
B4	62	23,8	10,6	13,2	3984	3572	412
B4	72	24,2	11,3	12,8	3811	3786	25,2
B4	88	22,8	10,9	11,9	3796	2721	1075
B4	98	29,0	16,3	12,7	4742	3995	747
B4	107	22,6	9,91	12,7	3744	3277	466
B5	7	25,5	10,9	14,5	4167	3974	192
B5	17	23,7	12,1	11,6	3583	3972	-390
B5	28	23,3	11,2	12,2	3850	3050	800
B5	44	20,8	11,5	9,30	3473	2995	478
B5	54	24,3	11,2	13,1	4113	3708	405
B5	63	24,5	10,3	14,2	4149	3568	580
B5	73	21,5	11,3	10,2	3335	3485	-150
B5	89	22,6	10,3	12,4	3816	2822	993
B5	99	27,3	14,7	12,6	4446	3433	1013
B5	108	23,7	10,9	12,7	4063	3198	865
B6	8	25,6	10,9	14,5	4140	4962	-822
B6	18	19,7	8,06	11,7	3116	3682	-566
B6	29	21,6	9,84	11,7	3546	2873	673
B6	45	20,4	11,5	8,89	3400	2864	536
B6	55	24,6	11,2	13,4	4120	3699	422
B6	64	24,2	10,3	14,0	4108	3646	462
B6	74	21,8	11,3	10,5	3401	3858	-457
B6	90	22,8	10,6	12,3	3854	2656	1198
B6	100	26,9	14,4	12,5	4589	3342	1247
B6	109	23,0	10,5	12,5	3800	3281	519
B7	9	24,5	12,1	12,4	3891	4478	-587
B7	19	23,3	11,6	11,7	3807	3964	-156
B7	30	23,2	10,4	12,8	3972	2803	1169
B7	46	22,8	10,3	12,6	3759	3224	535

Fortsetzung Tabelle A-8: Gruppe B1-B7: Trockensubstanzaufnahme des Grundfutters, der Konzentrate und der Gesamtration (kg/d), nutzbares Rohprotein am Duodenum: Aufnahme, Bedarf, Differenz aus Aufnahme und Bedarf (g/d), n=69

Gr.	Kuh	TS-Aufnahme gesamt (kg/d)	TS-Aufnahme Grundfutter (kg/d)	TS-Aufnahme Konzentrate (kg/d)	nRp-Aufnahme (g/Tag)	nRp-Bedarf (g/Tag)	nRp-Aufnahme - nRp-Bedarf (g/d)
B7	56	26,3	12,4	13,9	4431	3925	506
B7	65	24,3	10,0	14,3	4109	3533	575
B7	75	22,8	12,1	10,7	3318	3577	-258
B7	91	23,0	13,3	9,71	3812	2489	1323

Tabelle A-9: Gruppe B1-B7: Energieaufnahme (MJ ME, MJ NEL), Energiebedarf (MJ NEL) und Energiebilanz (MJ NEL), Darstellung der Einzelkühe, n=69

Gr.	Kuh	ME (MJ)	NEL (MJ)	NEL-Bedarf (MJ)	Energiebilanz (MJ NEL)
B1	3	210	130	196	-66,0
B1	13	230	142	167	-25,8
B1	24	247	151	146	5,59
B1	39	224	136	137	-1,21
B1	49	277	169	155	14,1
B1	59	292	179	147	31,7
B1	82	218	134	144	-9,49
B1	85	270	166	94	71,9
B1	95	174	106	166	-60,6
B2	4	248	153	204	-51,5
B2	14	280	173	206	-32,9
B2	25	228	140	174	-33,9
B2	40	233	142	168	-25,9
B2	50	280	170	166	3,82
B2	60	288	177	159	17,7
B2	70	200	123	159	-35,9
B2	83	236	145	179	-33,5
B2	86	273	168	119	48,7
B2	96	250	153	199	-45,6
B2	105	229	140	194	-53,8
B3	5	300	186	218	-32,3
B3	15	276	171	210	-39,5
B3	26	240	147	183	-35,9
B3	41	247	151	153	-1,20
B3	51	276	168	169	-1,45
B3	61	295	182	162	20,1
B3	71	286	177	176	0,85
B3	84	198	121	123	-1,37
B3	87	274	169	120	49,6
B3	97	244	150	187	-37,0

Fortsetzung Tabelle A-9: Gruppe B1-B7: Energieaufnahme (MJ ME, MJ NEL), Energiebedarf und Energiebilanz (MJ NEJ), Darstellung der Einzelkühe, n=69

Gr.	Kuh	ME (MJ)	NEL (MJ)	NEL-Bedarf (MJ)	Energiebilanz (MJ NEL)
B3	106	268	164	175	-11,1
B4	6	300	186	214	-28,0
B4	16	279	172	207	-34,1
B4	27	248	152	165	-13,2
B4	42	234	142	139	3,35
B4	53	292	180	171	9,24
B4	62	291	180	162	17,4
B4	72	284	176	172	4,18
B4	88	277	171	123	48,4
B4	98	325	197	184	13,5
B4	107	258	158	151	7,28
B5	7	302	187	185	1,92
B5	17	273	168	185	-17,3
B5	28	267	163	143	20,2
B5	44	249	153	139	14,3
B5	54	295	182	170	12,3
B5	63	302	187	158	28,4
B5	73	249	154	159	-5,39
B5	89	277	171	126	45,1
B5	99	304	185	161	23,6
B5	108	271	166	148	18,1
B6	8	304	188	225	-36,8
B6	18	214	131	174	-42,6
B6	29	245	150	134	15,4
B6	45	244	150	132	17,5
B6	55	301	186	170	16,2
B6	64	298	184	160	24,2
B6	74	254	157	174	-17,6
B6	90	279	172	119	53,7
B6	100	301	184	155	28,3
B6	109	263	161	151	10,2
B7	9	286	176	202	-26,6
B7	19	260	159	186	-27,2
B7	30	266	163	132	30,8
B7	46	278	172	146	25,5
B7	56	322	199	178	20,4
B7	65	299	184	160	24,4
B7	75	263	161	162	-1,89
B7	91	276	170	118	52,1

Tabelle A-10: Gruppe B1-B7: Energieaufnahme (MJ ME, MJ NEL), Darstellung der Gruppen, n=69

Gr.	n	ME-Aufnahme (MJ)			NEL-Aufnahme (MJ)		
		p=0,03 ¹			p=0,02 ¹		
		Q25	MD	Q75	Q25	MD	Q75
B1	9	218	230	270	134	142	166
B2	11	229	248	280	140	153	170
B3	11	244	275	286	150	168	177
B4	10	259	282	292	158	174	180
B5	10	267	275	302	163	170	185
B6	10	245	271	301	150	167	184
B7	8	264	277	292	162	171	180

¹Sowohl für die ME- als auch für die NEL-Aufnahme ergab sich für das gesamte Datenmaterial ein p-Wert von p<0,05. Bei Prüfung der Gruppen untereinander waren keine signifikanten Bedingungen zu isolieren, dies traf auch nach Schaffung von weniger Untergruppen (größere Tierzahl pro Gruppe) und deren Vergleich zu.

Tabelle A-11: Body Condition Score der Kühe des Abschnitts B, Einzeldarstellung n=11

Kuh/Stallnummer	BCS-Entwicklung						
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
5	2	2	2	2,25	1,25	1,5	2
7	3,5	2,5	2,5	2,75	3	3	2,25
13	3	3	2	1,5	1,5	2	2
26	2	2	2	1,75	2	2	2,25
30	2,5	2,5	2,25	2,5	2,5	2,5	2,75
32	2	2,25	2,25	2,5	2,25	2,5	2,5
35	/ ¹	1,5	1,5	1,25	1,25	1,75	2
37	2,5	2,75	2,75	/ ¹	/ ¹	/ ¹	/ ¹
38	2,25	2	2,25	2,25	2,5	2,75	2,75
82	4	3	3	3	3	2,75	/ ¹
92	/ ¹	1,25	1,25	1,75	1,75	1,75	/ ¹

¹Diese Messungen wurden von der Berechnung ausgeschlossen (s. Kapitel 3.3.2).

Tabelle A-12: Herzfrequenz (Schläge/min) von ausgewählten Kühen des Abschnitts B, n=7, s. Tabelle 20

Kuh/Stallnummer (100 Tage Milchleistung)	absolute HF						
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
	LT 8	LT 22	LT 36	LT 52	LT 66	LT 81	LT 95
5 (52,7 kg FCM)	84	92	101	92	93	90¹	90
7 (44,2 kg FCM)	94	90	92¹	85	87	79	83
13 (31,6 kg FCM)	86	75	80¹	73	67	75	77
26 (32,9 kg FCM)	72	72¹	76	72	83	81	84
30 (41,8 kg FCM)	89	86	84	90¹	88	92	92
32 (33,9 kg FCM)	87	85	84	85¹	88	88	87
38 (24,6 kg FCM)	96	95	84	87	85¹	86	83

¹Messung mit der maximalen Milchleistung der Kuh

Tabelle A-13: Gruppe A1-A4 und B1-B7: Stalltemperatur (°C), relative Luftfeuchtigkeit (%), n=92

Gr.	Kuh	Stalltemperatur (°C)	relative Luftfeuchtigkeit (%)
A1	12	11,7	64,0
A1	22	12,2	69,0
A1	23	23,9	63,5
A1	94	23,9	63,5
A1	103	20,2	60,2
A2	33	19,9	68,0
A2	47	16,8	68,9
A2	48	17,1	72,9
A3	21	17,3	69,9
A3	35	12,0	76,4
A3	37	16,7	70,2
A3	57	18,6	74,2
A3	58	18,6	74,2
A3	67	16,4	71,4
A3	68	21,0	62,0
A3	93	10,4	87,4
A3	102	15,3	69,1
A4	1	18,6	74,2
A4	2	19,0	64,4
A4	20	17,3	68,3
A4	36	18,9	74,7
B1	3	17,8	65,2
B1	13	19,2	53,0
B1	24	23,2	63,1
B1	39	17,5	65,9
B1	49	10,0	80,5
B1	59	9,25	84,6
B1	82	17,4	72,2

Fortsetzung Tabelle A-13: Gruppe. A1-A4 und B1-B7: Stalltemperatur (°C), relative Luftfeuchtigkeit (%), n=92

Gr.	Kuh	Stalltemperatur (°C)	relative Luftfeuchtigkeit (%)
B1	85	9,25	84,6
B1	95	20,7	63,8
B2	4	22,1	61,5
B2	14	17,3	57,8
B2	25	20,7	63,8
B2	40	19,9	72,3
B2	50	11,9	71,8
B2	60	7,08	85,2
B2	70	21,5	63,4
B2	83	21,9	72,9
B2	86	7,08	85,2
B2	96	16,2	89,1
B2	105	19,7	77,7
B3	5	18,1	55,2
B3	15	24,4	60,3
B3	26	17,4	82,8
B3	41	17,6	72,6
B3	51	11,3	82,3
B3	61	5,92	81,8
B3	71	18,1	55,2
B3	84	20,7	63,8
B3	87	5,92	81,8
B3	97	19,7	77,7
B3	106	17,5	65,9
B4	6	17,3	57,8
B4	16	16,4	71,4
B4	27	19,7	77,7
B4	42	10,0	80,5
B4	53	7,08	85,2
B4	62	4,04	86,4
B4	72	17,3	57,8
B4	88	4,04	86,4
B4	98	17,5	65,9
B4	107	19,9	72,3
B5	7	24,4	60,3
B5	17	21,9	72,9
B5	28	17,5	65,9
B5	44	9,25	84,6
B5	54	5,92	81,8
B5	63	6,71	77,5
B5	73	24,4	60,3
B5	89	6,71	77,5
B5	99	19,9	72,3
B5	108	17,6	72,6

Fortsetzung Tabelle A-13: Gruppe A1-A4 und B1-B7: Stalltemperatur (°C) und relative Luftfeuchtigkeit (%), n=92

Gr.	Kuh	Stalltemperatur (°C)	relative Luftfeuchtigkeit (%)
B6	8	17,2	74,4
B6	18	20,7	63,8
B6	29	19,9	72,3
B6	45	7,08	85,2
B6	55	4,83	88,8
B6	64	3,67	85,8
B6	74	17,2	75,7
B6	90	3,67	85,8
B6	100	17,6	72,6
B6	109	10,0	80,5
B7	9	21,9	72,9
B7	19	20,9	74,2
B7	30	17,6	72,6
B7	46	5,92	81,8
B7	56	6,71	77,5
B7	65	-3,08	77,4
B7	75	21,9	72,9
B7	91	-3,54	77,6

Tabelle A-14: Gruppe B1-B7: Parameter des Sauerstoffverbrauchs (VO₂ gesamt (l/d), VO₂ Leistung (l/d), VO₂/kg FCM (l/kg FCM)), kalkulierte Werte, n=69

Gr.	Kuh	VO ₂ gesamt (l/d)	VO ₂ Leistung (l/d)	VO ₂ /kg FCM (l/kg FCM)
B1	3	7359	3912	83,7
B1	13	8560	4974	132
B1	24	6424	3479	104
B1	39	4963	2242	71,0
B1	49	7016	3925	110
B1	85	7013	4142	230
B1	95	7273	3687	99,0
B2	4	8112	4665	94,5
B2	14	8192	4606	93,4
B2	25	5649	2703	64,6
B2	40	4983	2262	55,2
B2	50	6772	3680	94,2
B2	60	6514	3495	94,1
B2	70	7180	4308	114
B2	83	6390	3783	84,7
B2	86	6942	4070	159
B2	96	8021	4435	94,1
B2	105	5241	2296	47,7
B3	5	8826	5379	101
B3	15	8354	4768	94,1

Fortsetzung Tabelle A-14: Gruppe B1-B7: Parameter des Sauerstoffverbrauchs (VO_2 gesamt (l/d), VO_2 Leistung (l/d), $\text{VO}_2/\text{kg FCM}$ (l/kg FCM)), kalkulierte Werte, n=69

Gr.	Kuh	VO_2 gesamt (l/d)	VO_2 Leistung (l/d)	$\text{VO}_2/\text{kg FCM}$ (l/kg FCM)
B3	26	6033	3087	69,0
B3	41	5262	2540	69,9
B3	51	6621	3530	88,2
B3	61	6490	3471	91,3
B3	71	7841	4969	116
B3	84	6446	3839	139
B3	87	6126	3255	126
B3	97	7494	3908	89,8
B3	106	5111	2166	51,3
B4	6	8106	4659	89,3
B4	16	7729	4143	83,7
B4	27	5484	2538	64,6
B4	42	4965	2244	69,7
B4	53	7046	3954	98,0
B4	62	6540	3522	92,2
B4	72	6654	3783	91,1
B4	88	6369	3497	131
B4	98	7212	3626	85,2
B4	107	5499	2554	73,1
B5	7	8143	4696	108
B5	17	7942	4356	101
B5	28	5048	2102	64,6
B5	44	5762	3041	94,5
B5	54	6951	3860	96,1
B5	63	6782	3764	102
B5	73	6520	3649	96,5
B5	89	6203	3332	120
B5	99	6980	3394	94,9
B5	108	5666	2721	80,1
B6	8	7902	4455	80,0
B6	18	7203	3618	91,4
B6	29	5619	2674	89,4
B6	45	5614	2893	95,8
B6	55	7205	4114	102
B6	64	6792	3773	101
B6	74	6241	3369	79,5
B6	90	6301	3430	134
B6	100	6659	3212	94,5
B6	109	5617	2598	74,5
B7	9	7252	4089	83,9
B7	19	7318	3871	89,5
B7	30	5736	2791	96,1
B7	46	6158	3287	95,5
B7	56	7563	4328	101

Fortsetzung Tabelle A-14: Gruppe B1-B7: Parameter des Sauerstoffverbrauchs (VO_2 gesamt (l/d), VO_2 Leistung (l/d), $\text{VO}_2/\text{kg FCM}$ (l/kg FCM)), kalkulierte Werte, n=69

Gr.	Kuh	VO_2 gesamt (l/d)	VO_2 Leistung (l/d)	$\text{VO}_2/\text{kg FCM}$ (l/kg FCM)
B7	65	6652	3633	96,9
B7	75	6330	3458	88,9
B7	91	6036	3165	126

Tabelle A-15. Auswertung der besonderen Messtage: HF des besonderen Tages (HF bes.¹), des Vergleichstages (HF Vergleich¹), der Quotient aus diesen (HF bes./Vergleich), die maximale HF des besonderen Tages (HF max. bes.¹), des Vergleichstages (HF max. Vergleich¹), Uhrzeit der maximalen HF des besonderen Tages (bei Lehrveranstaltungen); Einzeltiere (Kuh) und MW der Gruppe

Status	Kuh bzw. MW	HF bes. ¹	HF Vergleich ¹	HF bes./Vergleich	HF max. bes. ¹	HF max. Vergleich ¹	Uhrzeit (h:min) HF max. bes.
Lehre	Kuh	88	83	1,060	118	122	22:00
Lehre	Kuh	89	89	1,000	119	103	12:16
Lehre	Kuh	87	83	1,048	104	109	19:52
Lehre	Kuh	80	81	0,988	121	106	14:23
Lehre	Kuh	94	89	1,056	115	115	17:20
Lehre	Kuh	84	83	1,012	108	109	22:39
Lehre	Kuh	89	85	1,047	120	135	13:55
Lehre	Kuh	78	86	0,907	108	111	18:53
Lehre	Kuh	88	90	0,978	107	109	12:21
Lehre	Kuh	86	85	1,012	106	125	17:12
Lehre	MW	86	85	1,011	113	114	
Brunst	Kuh	87	84	1,042	118	110	
Brunst	Kuh	88	83	1,060	110	114	
Brunst	Kuh	88	83	1,067	114	113	
Brunst	Kuh	91	92	0,995	160	145	
Brunst	Kuh	82	82	1,000	133	143	
Brunst	MW	87	85	1,033	127	125	
Endometritis	Kuh	93	98	0,949	116	124	
Endometritis	Kuh	88	91	0,964	102	109	
Endometritis	Kuh	73	70	1,048	104	93	
Endometritis	MW	85	86	0,987	107	109	
KIT>40°C	Kuh	99	95	1,042	197	134	
KIT>40°C	Kuh	105	94	1,117	133	123	
KIT>40°C	MW	102	95	1,080	165	128	
Lahmheit	Kuh	83	90	0,922	122	118	
Lahmheit	Kuh	90	90	1,000	127	118	
Lahmheit	Kuh	80	84	0,952	106	118	
Lahmheit	Kuh	78	76	1,022	112	125	
Lahmheit	MW	83	85	0,974	117	120	

¹(Schläge/min)

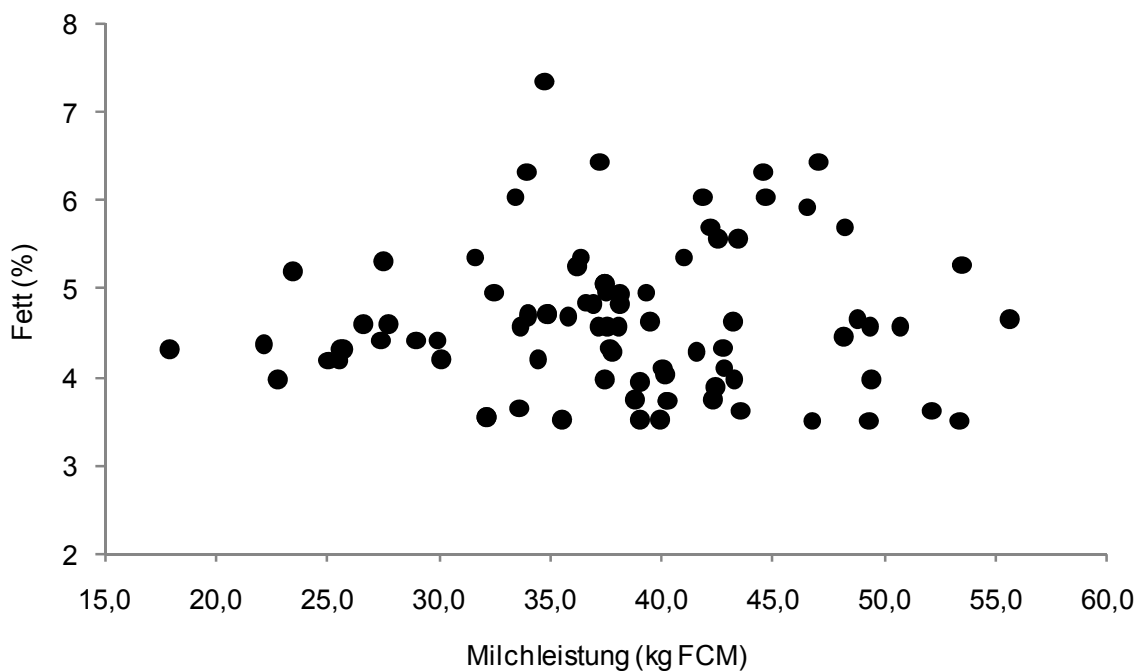


Abbildung A-5: Gegenüberstellung von Milchmenge (kg FCM) und MilCHFettgehalt (%) nach MARTIN et al. (2007), n=86

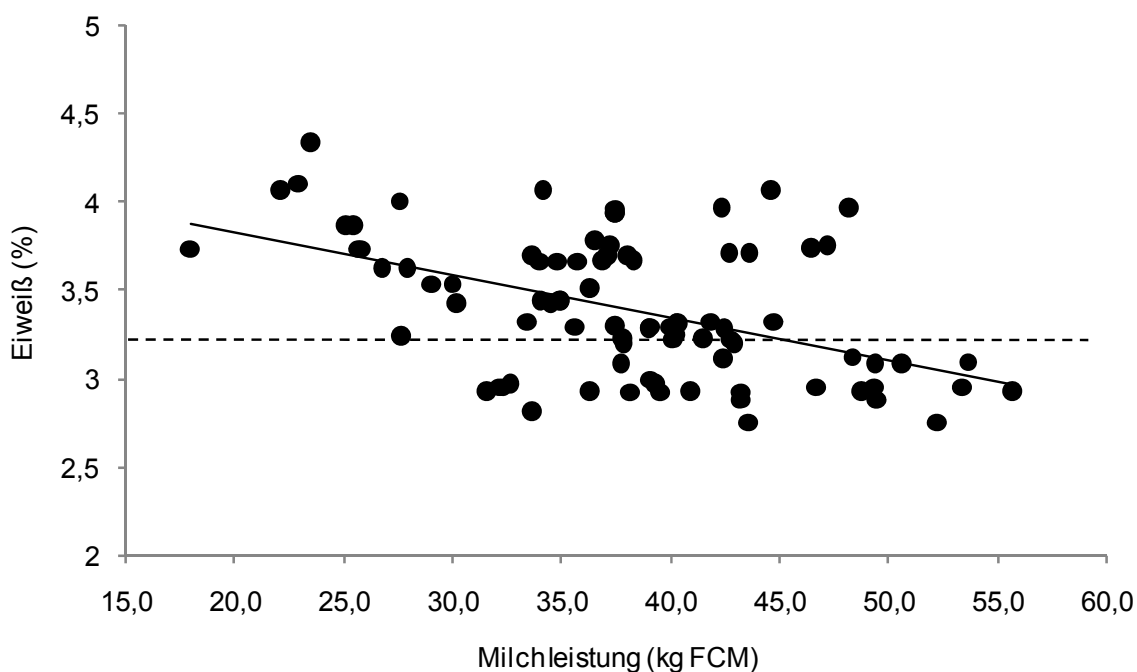


Abbildung A-6: Gegenüberstellung von Milchmenge (kg FCM) und Milcheiweißgehalt (%) nach MARTIN et al. (2007), n=86

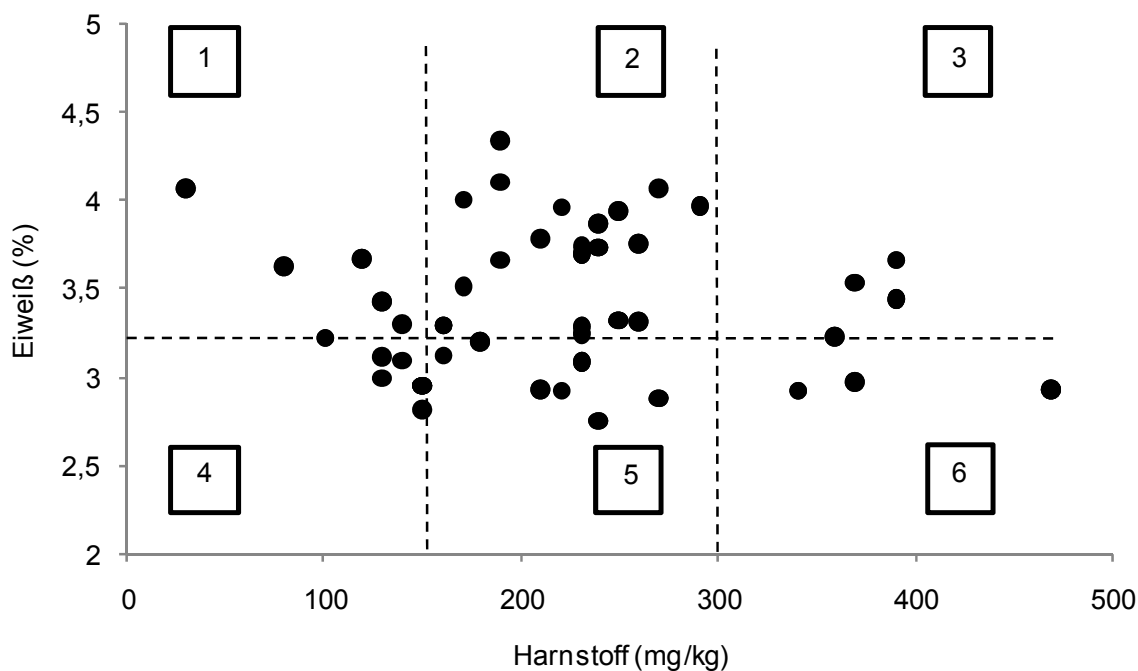


Abbildung A-7: Gegenüberstellung von Harnstoffgehalt (mg/kg) und Eiweißgehalt (%) der Milch nach MARTIN et al. (2007), n=84 (bei zwei Kühen war kein Harnstoffgehalt in der Milchleistungsprüfung angegeben)

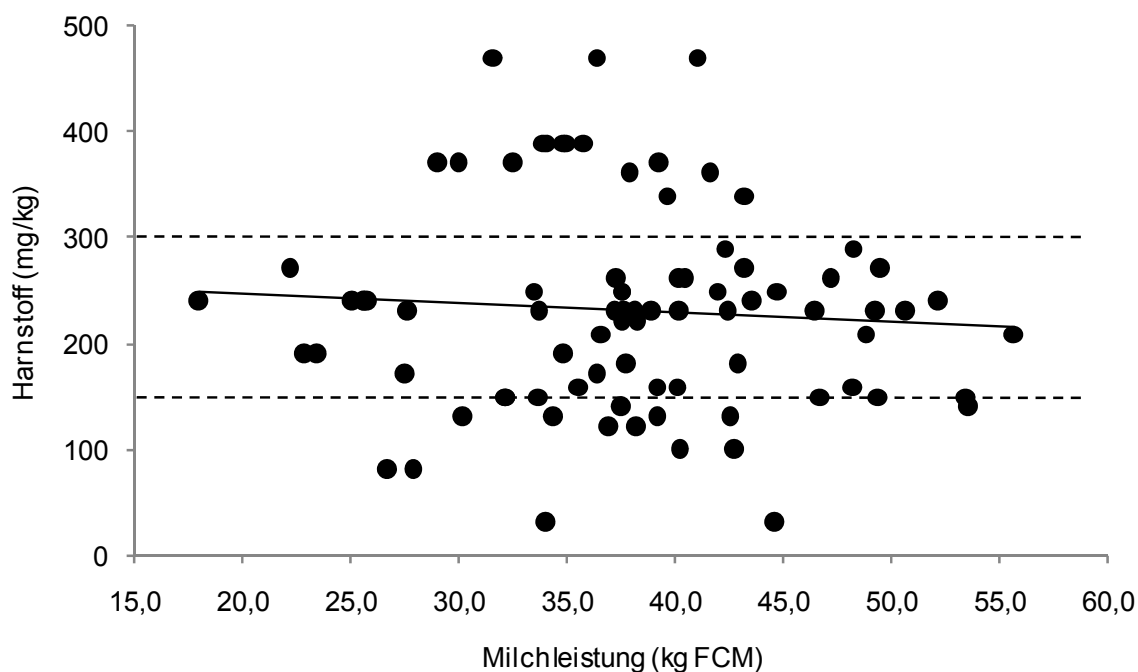


Abbildung A-8: Gegenüberstellung von Milchmenge (kg FCM) und Harnstoffgehalt (mg/kg) nach MARTIN et al. (2007), n=84 (s. Abbildung A-3)

10 Danksagung

Vielen Dank...

Prof. Dr. Manfred Coenen für die Überlassung des Themas und für die sehr nette und freundliche Betreuung während der Versuche und des Schreibens dieser Arbeit. Danke auch für meine Zeit am Institut für Tierernährung, Ernährungsschäden und Diätetik und die dort erhaltenen Einblicke in das Gebiet der Tierernährung.

PD Dr. Ingrid Vervuert und Dr. Lisa Bachmann für die sehr gute kollegiale und freundschaftliche Zusammenarbeit während meiner Zeit am Institut für Tierernährung, Ernährungsschäden und Diätetik sowie für alle fruchtbaren und stimulierenden Gespräche, die die Fertigstellung dieser Arbeit vorangetrieben haben.

Allen Kolleginnen und Kollegen des Instituts für Tierernährung, Ernährungsschäden und Diätetik, insbesondere Jana Tietke, Beatrice Ladányi, Anke Hartmann, Barbara Dziezynski und Dr. Klaus-Dieter Markuske für die Hilfe bei der Analyse der Futtermittel und Marion Schnellert für den terminlichen Durchblick.

Ursula Rauwolf, Thomas Junghanns und Hermann Küchler für die freundliche Unterstützung bei allen Fragen während der Versuche auf dem Lehr- und Versuchsgut Oberholz, ganz besonderer Dank dem Team des Kuhstalls Silvia Becker, Waltraut Polte, Winfried Schuh und Bernd Wienek für meine gute Zeit in Oberholz.

Den Kolleginnen und Kollegen der Medizinischen Tierklinik der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig für das Testen der Gurtsysteme an Magda und Lotte.

Dr. Silke Zachariae aus dem Institut für Medizinische Informatik, Statistik und Epidemiologie (IMISE) der Universität Leipzig für die freundliche statistische Beratung und Hilfestellung.

Der Firma Polar für die Hilfe in technischen Fragen.

Katrin Reil und Oliver Enke für die orthographische und formale Unterstützung.

Anja Krumbholz für ihren großartigen Einsatz bei der Betreuung von Arndt und Gregor.

Meiner Mutter Helga von Buttler für die tolle Betreuung von Arndt und Gregor. Danke für deine Bereitschaft, immer nach Leipzig zu kommen und mich zu unterstützen, wenn ich dich brauche.

Anhang B

Herzfrequenz-Messungen vom 26.04.10 bis 02.02.12

Tabellenverzeichnis

Tabelle B-1:	Kuh Nr. 12, Gruppe A1	124
Tabelle B-2:	Kuh Nr. 22, Gruppe A1	125
Tabelle B-3:	Kuh Nr. 23, Gruppe A1	126
Tabelle B-4:	Kuh Nr. 94, Gruppe A1	127
Tabelle B-5:	Kuh Nr. 103, Gruppe A1	128
Tabelle B-6:	Kuh Nr. 110, Gruppe A1	129
Tabelle B-7:	Kuh Nr. 32, Gruppe A2	130
Tabelle B-8:	Kuh Nr. 33, Gruppe A2	131
Tabelle B-9:	Kuh Nr. 47, Gruppe A2	132
Tabelle B-10:	Kuh Nr. 48, Gruppe A2	133
Tabelle B-11:	Kuh Nr. 21, Gruppe A3	134
Tabelle B-12:	Kuh Nr. 35, Gruppe A3	135
Tabelle B-13:	Kuh Nr. 37, Gruppe A3	136
Tabelle B-14:	Kuh Nr. 57, Gruppe A3	137
Tabelle B-15:	Kuh Nr. 58, Gruppe A3	138
Tabelle B-16:	Kuh Nr. 67, Gruppe A3	139
Tabelle B-17:	Kuh Nr. 68, Gruppe A3	140
Tabelle B-18:	Kuh Nr. 93, Gruppe A3	141
Tabelle B-19:	Kuh Nr. 102, Gruppe A3	142
Tabelle B-20:	Kuh Nr. 1, Gruppe A4	143
Tabelle B-21:	Kuh Nr. 2, Gruppe A4	144
Tabelle B-22:	Kuh Nr. 20, Gruppe A4	145
Tabelle B-23:	Kuh Nr. 36, Gruppe A4	146
Tabelle B-24:	Kuh Nr. 3, Gruppe B1	147
Tabelle B-25:	Kuh Nr. 13, Gruppe B1	148
Tabelle B-26:	Kuh Nr. 24, Gruppe B1	149
Tabelle B-27:	Kuh Nr. 39, Gruppe B1	150
Tabelle B-28:	Kuh Nr. 49, Gruppe B1	151
Tabelle B-29:	Kuh Nr. 59, Gruppe B1	152
Tabelle B-30:	Kuh Nr. 82, Gruppe B1	153
Tabelle B-31:	Kuh Nr. 85, Gruppe B1	154
Tabelle B-32:	Kuh Nr. 95, Gruppe B1	155
Tabelle B-33:	Kuh Nr. 4, Gruppe B2	156
Tabelle B-34:	Kuh Nr. 14, Gruppe B2	157
Tabelle B-35:	Kuh Nr. 25, Gruppe B2	158

Tabelle B-36:	Kuh Nr. 40, Gruppe B2	159
Tabelle B-37:	Kuh Nr. 50, Gruppe B2	160
Tabelle B-38:	Kuh Nr. 60, Gruppe B2	161
Tabelle B-39:	Kuh Nr. 70, Gruppe B2	162
Tabelle B-40:	Kuh Nr. 83, Gruppe B2	163
Tabelle B-41:	Kuh Nr. 86, Gruppe B2	164
Tabelle B-42:	Kuh Nr. 96, Gruppe B2	165
Tabelle B-43:	Kuh Nr. 105, Gruppe B2	166
Tabelle B-44:	Kuh Nr. 5, Gruppe B3	167
Tabelle B-45:	Kuh Nr. 15, Gruppe B3	168
Tabelle B-46:	Kuh Nr. 26, Gruppe B3	169
Tabelle B-47:	Kuh Nr. 41, Gruppe B3	170
Tabelle B-48:	Kuh Nr. 51, Gruppe B3	171
Tabelle B-49:	Kuh Nr. 61, Gruppe B3	172
Tabelle B-50:	Kuh Nr. 71, Gruppe B3	173
Tabelle B-51:	Kuh Nr. 84, Gruppe B3	174
Tabelle B-52:	Kuh Nr. 87, Gruppe B3	175
Tabelle B-53:	Kuh Nr. 97, Gruppe B3	176
Tabelle B-54:	Kuh Nr. 106, Gruppe B3	177
Tabelle B-55:	Kuh Nr. 6, Gruppe B4	178
Tabelle B-56:	Kuh Nr. 16, Gruppe B4	179
Tabelle B-57:	Kuh Nr. 27, Gruppe B4	180
Tabelle B-58:	Kuh Nr. 42, Gruppe B4	181
Tabelle B-59:	Kuh Nr. 53, Gruppe B4	182
Tabelle B-60:	Kuh Nr. 62, Gruppe B4	183
Tabelle B-61:	Kuh Nr. 72, Gruppe B4	184
Tabelle B-62:	Kuh Nr. 88, Gruppe B4	185
Tabelle B-63:	Kuh Nr. 98, Gruppe B4	186
Tabelle B-64:	Kuh Nr. 107, Gruppe B4	187
Tabelle B-65:	Kuh Nr. 7, Gruppe B5	188
Tabelle B-66:	Kuh Nr. 17, Gruppe B5	189
Tabelle B-67:	Kuh Nr. 28, Gruppe B5	190
Tabelle B-68:	Kuh Nr. 44, Gruppe B5	191
Tabelle B-69:	Kuh Nr. 54, Gruppe B5	192
Tabelle B-70:	Kuh Nr. 63, Gruppe B5	193
Tabelle B-71:	Kuh Nr. 73, Gruppe B5	194
Tabelle B-72:	Kuh Nr. 89, Gruppe B5	195

Tabelle B-73:	Kuh Nr. 99, Gruppe B5	196
Tabelle B-74:	Kuh Nr. 108, Gruppe B5	197
Tabelle B-75:	Kuh Nr. 8, Gruppe B6	198
Tabelle B-76:	Kuh Nr. 18, Gruppe B6	199
Tabelle B-77:	Kuh Nr. 29, Gruppe B6	200
Tabelle B-78:	Kuh Nr. 45, Gruppe B6	201
Tabelle B-79:	Kuh Nr. 55, Gruppe B6	202
Tabelle B-80:	Kuh Nr. 64, Gruppe B6	203
Tabelle B-81:	Kuh Nr. 74, Gruppe B6	204
Tabelle B-82:	Kuh Nr. 90, Gruppe B6	205
Tabelle B-83:	Kuh Nr. 100, Gruppe B6	206
Tabelle B-84:	Kuh Nr. 109, Gruppe B6	207
Tabelle B-85:	Kuh Nr. 9, Gruppe B7	208
Tabelle B-86:	Kuh Nr. 19, Gruppe B7	209
Tabelle B-87:	Kuh Nr. 30, Gruppe B7	210
Tabelle B-88:	Kuh Nr. 46, Gruppe B7	211
Tabelle B-89:	Kuh Nr. 56, Gruppe B7	212
Tabelle B-90:	Kuh Nr. 65, Gruppe B7	213
Tabelle B-91:	Kuh Nr. 75, Gruppe B7	214
Tabelle B-92:	Kuh Nr. 91, Gruppe B7	215

Tabelle B-1: Kuh Nr. 12, Gruppe A1: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhr-zeit	09.04.11	10.04.11	12.04.11	13.04.11	15.04.11	Uhr-zeit	09.04.11	10.04.11	12.04.11	13.04.11	15.04.11
11:00	77	75	89	73	86	20:45	87	86	84	91	85
11:15	77	76	90	73	80	21:00	85	95	83	87	83
11:30	91	79	94	75	74	21:15	85	100	83	86	84
11:45	96	73	93	75	72	21:30	85	89	86	84	88
12:00	86	75	83	74	74	21:45	82	85	85	85	79
12:15	84	75	82	75	75	22:00	84	84	83	84	83
12:30	81	77	80	77	77	22:15	84	86	82	84	84
12:45	82	76	82	73	75	22:30	86	83	82	97	84
13:00	78	79	81	72	82	22:45	84	84	79	103	84
13:15	80	76	82	74	86	23:00	85	85	82	105	80
13:30	78	81	84	77	76	23:15	85	80	100	101	80
13:45	78	93	84	92	75	23:30	94	79	101	89	80
14:00	77	96	83	96	74	23:45	100	78	98	83	80
14:15	79	93	81	96	73	00:00	100	78	95	82	81
14:30	75	101	80	96	72	00:15	96	80	90	80	84
14:45	77	88	84	96	72	00:30	87	81	87	81	98
15:00	76	87	82	87	69	00:45	83	80	87	81	96
15:15	74	79	84	79	78	01:00	83	81	86	81	90
15:30	73	78	81	80	74	01:15	88	79	78	85	85
15:45	74	79	82	81	72	01:30	83	78	79	86	78
16:00	74	79	84	81	72	01:45	83	97	80	82	77
16:15	80	84	86	95	94	02:00	85	99	80	82	77
16:30	78	101	83	105	98	02:15	87	95	78	82	78
16:45	87	93	95	105	93	02:30	82	98	82	81	75
17:00	88	96	95	104	97	02:45	83	91	100	80	80
17:15	89	97	97	102	104	03:00	84	94	90	77	79
17:30	97	100	103	105	106	03:15	85	79	77	78	74
17:45	89	109	104	111	102	03:30	80	77	75	79	73
18:00	100	100	105	106	104	03:45	78	79	77	80	77
18:15	98	98	103	104	95	04:00	78	80	76	78	80
18:30	93	105	99	94	93	04:15	85	80	74	77	78
18:45	84	96	92	92	104	04:30	77	80	75	77	75
19:00	85	90	85	90	96	04:45	76	80	76	79	76
19:15	88	92	86	89	102	05:00	73	77	76	77	82
19:30	88	85	87	88	90	05:15	75	79	76	89	77
19:45	84	86	86	89	84	05:30	73	80	89	96	95
20:00	88	88	82	89	84	05:45	74	95	93	100	92
20:15	89	93	83	92	85	06:00	73	78	83	123	92
20:30	97	90	84	88	83						

Tabelle B-2: Kuh Nr. 22, Gruppe A1: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhr-zeit	02.04.11	03.04.11	04.04.11	05.04.11	06.04.11	Uhr-zeit	02.04.11	03.04.11	04.04.11	05.04.11	06.04.11
11:00	77	72	59	73	66	20:45	72	73	74	74	74
11:15	75	80	57	86	77	21:00	64	68	86	75	69
11:30	74	85	56	86	74	21:15	67	70	88	79	70
11:45	74	81	62	89	66	21:30	65	72	77	78	72
12:00	62	79	75	94	64	21:45	66	71	71	68	79
12:15	59	74	78	74	61	22:00	66	76	71	67	77
12:30	61	75	73	72	70	22:15	63	86	70	63	69
12:45	62	76	69	70	90	22:30	62	84	65	61	61
13:00	65	72	60	67	85	22:45	62	79	71	62	65
13:15	64	62	59	65	83	23:00	63	78	71	60	65
13:30	62	61	55	63	79	23:15	69	77	68	65	65
13:45	64	61	57	67	66	23:30	69	63	69	65	62
14:00	64	58	57	67	67	23:45	67	64	63	64	62
14:15	80	59	56	67	62	00:00	62	63	66	61	63
14:30	85	59	55	68	65	00:15	58	64	62	69	70
14:45	86	56	58	80	64	00:30	60	62	69	63	69
15:00	78	57	76	85	61	00:45	60	65	78	63	66
15:15	72	60	78	73	62	01:00	57	69	84	61	65
15:30	79	67	85	65	73	01:15	59	82	84	58	62
15:45	79	76	80	65	78	01:30	62	77	78	60	58
16:00	77	80	67	75	84	01:45	76	72	74	64	62
16:15	73	82	81	93	91	02:00	71	75	64	60	76
16:30	74	84	84	96	88	02:15	67	63	60	60	80
16:45	79	87	75	94	88	02:30	69	61	58	59	63
17:00	84	88	82	90	88	02:45	59	61	60	65	62
17:15	81	78	76	87	81	03:00	59	58	60	70	58
17:30	82	83	68	88	72	03:15	60	60	60	69	58
17:45	86	91	65	100	71	03:30	58	59	61	56	57
18:00	90	93	62	98	70	03:45	59	61	64	55	56
18:15	79	92	82	107	70	04:00	57	62	60	52	56
18:30	69	90	92	98	69	04:15	58	67	61	52	59
18:45	71	95	96	107	72	04:30	56	61	59	52	61
19:00	78	87	91	115	71	04:45	59	55	59	54	60
19:15	79	91	82	78	73	05:00	61	59	60	78	62
19:30	73	91	70	73	95	05:15	70	69	77	79	55
19:45	79	84	72	76	100	05:30	80	84	75	87	81
20:00	78	74	78	71	95	05:45	84	78	68	84	83
20:15	78	75	78	78	87	06:00	78	71	67	86	77
20:30	79	72	75	76	76						

Tabelle B-3: Kuh Nr. 23, Gruppe A1: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhr-zeit	03.06.11	04.06.11	05.06.11	06.06.11	07.06.11	Uhr-zeit	03.06.11	04.06.11	05.06.11	06.06.11	07.06.11
11:00	76	77	82	73	76	20:45	97	89	92	78	87
11:15	74	84	76	75	78	21:00	93	84	93	81	94
11:30	75	94	75	89	78	21:15	97	80	94	79	94
11:45	94	90	76	92	81	21:30	94	78	95	79	90
12:00	94	86	93	95	71	21:45	96	81	96	80	82
12:15	90	85	96	95	67	22:00	81	81	91	81	78
12:30	85	90	94	93	70	22:15	80	81	87	82	78
12:45	85	90	96	80	70	22:30	83	80	89	99	76
13:00	90	87	93	77	72	22:45	81	99	92	97	77
13:15	90	92	87	76	71	23:00	91	101	85	102	87
13:30	87	88	87	80	70	23:15	89	99	91	101	87
13:45	79	85	79	81	73	23:30	85	91	82	100	80
14:00	77	79	85	77	73	23:45	79	97	75	94	88
14:15	86	71	84	77	72	00:00	77	96	75	87	77
14:30	79	71	87	81	85	00:15	76	98	78	82	78
14:45	78	73	85	79	89	00:30	80	95	80	83	76
15:00	77	73	75	87	92	00:45	82	82	79	84	78
15:15	74	75	74	79	94	01:00	86	79	77	100	77
15:30	73	76	76	78	89	01:15	80	83	78	86	87
15:45	83	93	89	83	86	01:30	80	82	84	84	85
16:00	83	91	89	92	90	01:45	79	80	97	85	76
16:15	88	97	92	91	93	02:00	78	79	96	86	75
16:30	93	95	92	96	95	02:15	79	82	86	97	74
16:45	99	101	96	95	94	02:30	77	85	85	107	77
17:00	98	100	83	92	87	02:45	78	77	75	99	82
17:15	95	100	82	92	78	03:00	79	78	73	93	76
17:30	97	98	91	93	77	03:15	76	76	75	85	75
17:45	101	100	97	88	81	03:30	77	74	75	86	78
18:00	95	99	98	77	94	03:45	76	76	72	93	75
18:15	93	100	97	76	97	04:00	77	86	74	83	81
18:30	94	87	92	75	94	04:15	82	87	89	83	71
18:45	88	83	87	75	91	04:30	73	77	89	83	73
19:00	83	80	78	75	89	04:45	69	77	88	93	81
19:15	78	81	77	74	89	05:00	80	87	78	91	78
19:30	77	90	79	81	90	05:15	83	81	78	90	81
19:45	82	100	77	98	89	05:30	79	84	81	94	84
20:00	99	102	78	99	76	05:45	81	84	89	98	86
20:15	92	94	79	98	79	06:00	84	87	92	92	80
20:30	95	88	80	85	82						

Tabelle B-4: Kuh Nr. 94, Gruppe A1: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhr-zeit	03.06.11	04.06.11	05.06.11	06.06.11	07.06.11	Uhr-zeit	03.06.11	04.06.11	05.06.11	06.06.11	07.06.11
11:00	89	108	84	97	88	20:45	102	105	110	106	90
11:15	92	103	86	85	90	21:00	99	104	94	112	86
11:30	91	102	91	82	93	21:15	94	116	89	111	89
11:45	102	108	105	87	93	21:30	110	106	92	109	91
12:00	83	102	100	94	89	21:45	90	103	92	104	102
12:15	85	104	105	104	78	22:00	86	102	91	102	104
12:30	92	96	110	90	80	22:15	87	99	87	87	97
12:45	88	78	101	87	82	22:30	92	89	91	86	81
13:00	87	82	86	89	82	22:45	89	92	94	90	82
13:15	86	82	87	90	81	23:00	88	92	92	93	87
13:30	86	83	86	92	83	23:15	89	96	102	90	88
13:45	85	83	87	91	85	23:30	88	95	102	96	85
14:00	99	83	87	91	86	23:45	88	105	102	99	79
14:15	99	87	89	96	88	00:00	89	90	98	88	83
14:30	102	90	102	91	99	00:15	89	82	93	87	80
14:45	99	91	104	81	105	00:30	93	86	88	89	90
15:00	101	87	95	80	105	00:45	109	88	78	89	100
15:15	103	99	98	84	88	01:00	105	84	79	88	99
15:30	102	108	101	85	98	01:15	104	84	76	88	102
15:45	104	106	99	88	92	01:30	103	85	81	91	104
16:00	101	96	93	104	92	01:45	94	84	82	113	91
16:15	102	105	99	99	110	02:00	91	91	80	110	94
16:30	108	114	98	108	112	02:15	90	102	80	105	92
16:45	110	116	111	106	115	02:30	88	94	79	100	90
17:00	114	118	116	110	117	02:45	88	93	80	93	72
17:15	121	117	112	108	89	03:00	91	90	79	96	74
17:30	125	116	111	109	89	03:15	90	97	80	101	79
17:45	122	117	104	106	93	03:30	88	104	94	113	79
18:00	118	121	104	107	93	03:45	89	95	89	108	87
18:15	119	127	108	86	94	04:00	88	85	87	102	97
18:30	100	119	88	86	91	04:15	101	81	83	106	73
18:45	97	120	85	87	94	04:30	90	82	89	116	71
19:00	99	116	87	88	115	04:45	102	82	96	121	90
19:15	101	121	89	88	118	05:00	95	98	88	105	87
19:30	99	124	93	89	116	05:15	87	90	85	108	88
19:45	116	116	95	88	115	05:30	88	95	92	118	100
20:00	115	101	109	96	113	05:45	92	99	95	119	103
20:15	114	103	115	109	113	06:00	92	106	96	100	97
20:30	111	102	113	103	95						

Tabelle B-5: Kuh Nr. 103, Gruppe A1: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhr-zeit	07.05.11	08.05.11	09.05.11	10.05.11	11.05.11	Uhr-zeit	07.05.11	08.05.11	09.05.11	10.05.11	11.05.11
11:00	76	104	68	71	97	20:45	88	102	91	106	88
11:15	75	110	68	83	85	21:00	90	102	87	96	79
11:30	75	92	69	79	92	21:15	85	84	89	88	77
11:45	74	88	69	79	83	21:30	86	92	96	87	79
12:00	73	85	74	71	82	21:45	84	86	100	86	79
12:15	72	83	74	70	80	22:00	83	85	86	89	73
12:30	73	84	74	71	76	22:15	77	87	81	78	74
12:45	71	81	66	73	78	22:30	80	86	81	79	76
13:00	70	87	65	74	77	22:45	82	77	83	82	75
13:15	71	80	65	68	78	23:00	78	80	82	80	76
13:30	70	81	65	71	82	23:15	77	81	79	85	78
13:45	68	80	64	69	76	23:30	74	81	79	80	84
14:00	68	79	64	72	74	23:45	85	78	80	77	75
14:15	68	84	65	74	76	00:00	90	77	78	75	69
14:30	70	94	65	70	85	00:15	79	76	80	72	69
14:45	68	96	64	70	92	00:30	78	77	71	73	70
15:00	70	94	62	71	92	00:45	75	78	72	75	70
15:15	77	93	78	66	85	01:00	75	95	73	75	70
15:30	83	93	76	68	78	01:15	74	95	74	70	67
15:45	78	81	76	70	78	01:30	75	97	72	69	68
16:00	73	78	68	75	79	01:45	72	87	69	71	68
16:15	73	78	63	74	93	02:00	86	78	70	71	67
16:30	74	89	64	70	99	02:15	87	77	67	70	69
16:45	75	86	65	77	101	02:30	74	78	67	70	74
17:00	90	84	70	69	96	02:45	73	78	69	68	68
17:15	85	83	76	69	100	03:00	73	77	70	65	64
17:30	90	85	87	66	102	03:15	70	78	68	69	64
17:45	95	89	92	68	109	03:30	71	81	69	70	65
18:00	100	97	98	80	106	03:45	71	78	64	70	65
18:15	99	97	102	86	91	04:00	68	75	65	69	64
18:30	89	103	107	92	91	04:15	70	76	65	67	63
18:45	87	113	107	97	104	04:30	70	73	66	68	66
19:00	85	110	112	107	106	04:45	68	72	67	66	61
19:15	113	98	101	108	105	05:00	69	74	66	68	63
19:30	115	90	89	114	95	05:15	69	75	71	63	67
19:45	118	89	88	108	95	05:30	74	75	83	77	81
20:00	104	90	101	99	91	05:45	67	75	89	80	82
20:15	105	87	102	102	86	06:00	67	78	92	81	82
20:30	96	95	100	102	90						

Tabelle B-6: Kuh Nr. 110, Gruppe A1: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhr-zeit	21.04.11	22.04.11	23.04.11	24.04.11	25.04.11	Uhr-zeit	21.04.11	22.04.11	23.04.11	24.04.11	25.04.11
11:00	80	70	69	74	70	20:45	81	87	88	88	80
11:15	80	67	70	71	69	21:00	83	85	87	86	79
11:30	69	71	69	70	68	21:15	85	94	89	85	92
11:45	66	72	71	70	68	21:30	89	87	89	81	82
12:00	67	72	69	76	70	21:45	89	82	88	79	80
12:15	67	74	69	81	73	22:00	89	86	89	80	82
12:30	64	82	77	98	73	22:15	87	78	85	81	76
12:45	65	86	101	97	72	22:30	85	79	84	81	75
13:00	73	90	94	95	73	22:45	76	78	81	80	74
13:15	92	90	90	90	90	23:00	76	76	83	93	73
13:30	85	80	90	89	93	23:15	75	84	87	79	70
13:45	81	79	95	84	88	23:30	73	84	101	79	74
14:00	84	78	91	82	79	23:45	73	76	105	75	74
14:15	83	78	89	73	73	00:00	73	74	106	76	75
14:30	77	78	86	80	72	00:15	74	75	100	75	73
14:45	75	78	83	83	74	00:30	73	74	97	76	72
15:00	79	79	84	89	78	00:45	73	73	95	75	71
15:15	76	76	84	91	88	01:00	72	71	99	75	71
15:30	76	72	86	84	88	01:15	71	80	95	76	71
15:45	76	67	87	84	92	01:30	76	80	87	86	69
16:00	76	71	93	82	89	01:45	88	76	88	86	68
16:15	84	73	101	92	93	02:00	80	77	85	89	69
16:30	88	70	99	90	87	02:15	70	69	75	86	69
16:45	83	83	101	95	87	02:30	76	68	75	83	69
17:00	83	95	115	98	91	02:45	75	65	75	80	69
17:15	85	97	112	94	95	03:00	71	64	85	79	69
17:30	92	96	113	85	99	03:15	63	67	83	72	68
17:45	94	97	109	80	91	03:30	61	67	81	70	67
18:00	93	99	109	78	85	03:45	62	64	81	72	66
18:15	80	103	103	79	96	04:00	66	64	82	82	63
18:30	75	99	90	78	98	04:15	63	61	75	70	64
18:45	75	99	90	93	99	04:30	62	64	73	70	65
19:00	77	98	89	102	83	04:45	60	65	73	70	66
19:15	77	101	107	104	81	05:00	61	65	72	72	65
19:30	84	103	117	100	83	05:15	63	72	79	71	70
19:45	90	107	110	98	82	05:30	63	62	79	87	81
20:00	97	85	94	98	79	05:45	61	59	84	84	72
20:15	98	86	90	91	79	06:00	63	58	87	78	79
20:30	90	87	90	86	80						

Tabelle B-7: Kuh Nr. 32, Gruppe A2: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhr-zeit	24.04.11	25.04.11	26.04.11	27.04.11	28.04.11	Uhr-zeit	24.04.11	25.04.11	26.04.11	27.04.11	28.04.11
11:00	74	68	88	67	71	20:45	87	85	77	83	92
11:15	82	67	76	72	75	21:00	81	80	88	82	95
11:30	78	67	74	78	73	21:15	78	73	85	87	93
11:45	74	66	92	80	73	21:30	81	72	79	84	102
12:00	72	70	81	81	78	21:45	75	71	75	85	91
12:15	71	79	74	81	91	22:00	73	74	75	81	84
12:30	70	81	75	77	91	22:15	71	84	74	85	83
12:45	73	80	76	78	91	22:30	71	79	73	82	100
13:00	66	78	74	71	97	22:45	73	74	73	80	97
13:15	65	75	75	67	84	23:00	80	71	71	75	93
13:30	67	67	72	73	83	23:15	80	79	73	76	80
13:45	66	67	73	85	91	23:30	81	87	74	81	81
14:00	78	75	75	77	91	23:45	75	92	77	86	80
14:15	81	79	82	70	80	00:00	72	84	78	82	91
14:30	72	72	83	69	86	00:15	72	74	80	73	96
14:45	70	69	78	76	91	00:30	80	74	84	78	95
15:00	71	68	85	79	85	00:45	70	83	82	86	77
15:15	71	71	80	80	87	01:00	71	87	69	82	76
15:30	78	78	81	84	80	01:15	74	87	69	85	75
15:45	79	83	83	79	89	01:30	70	82	75	82	75
16:00	77	83	76	78	84	01:45	74	75	83	74	76
16:15	77	85	76	81	83	02:00	77	73	77	74	78
16:30	71	73	78	75	77	02:15	70	73	75	78	85
16:45	70	73	73	79	80	02:30	67	79	76	80	82
17:00	78	79	82	83	87	02:45	68	77	81	80	81
17:15	78	85	82	94	95	03:00	67	76	81	81	83
17:30	87	83	83	95	88	03:15	66	80	75	86	83
17:45	89	85	88	89	91	03:30	69	80	76	86	83
18:00	74	91	91	74	91	03:45	66	84	74	79	77
18:15	72	91	79	79	95	04:00	65	82	81	83	74
18:30	73	82	79	96	100	04:15	70	70	76	77	72
18:45	90	72	88	88	89	04:30	70	70	72	68	71
19:00	87	73	87	88	84	04:45	68	71	68	65	71
19:15	85	76	87	83	85	05:00	69	69	67	70	71
19:30	87	92	82	82	97	05:15	74	75	70	75	70
19:45	82	88	77	77	100	05:30	72	78	81	76	76
20:00	83	86	78	83	91	05:45	66	77	79	76	80
20:15	82	83	84	88	103	06:00	65	71	71	67	82
20:30	84	82	90	91	95						

Tabelle B-8: Kuh Nr. 33, Gruppe A2: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhr-zeit	22.04.11	23.04.11	24.04.11	25.04.11	26.04.11	Uhr-zeit	22.04.11	23.04.11	24.04.11	25.04.11	26.04.11
11:00	87	82	78	78	74	20:45	105	87	87	85	92
11:15	93	79	77	83	76	21:00	106	86	87	83	97
11:30	87	78	83	84	70	21:15	107	96	88	82	96
11:45	83	78	81	77	71	21:30	103	97	84	81	91
12:00	83	85	87	78	72	21:45	98	95	83	82	90
12:15	84	82	86	76	70	22:00	92	95	89	82	92
12:30	83	82	90	77	70	22:15	94	96	93	80	92
12:45	83	81	91	76	72	22:30	94	96	95	87	94
13:00	84	80	92	75	85	22:45	95	94	95	88	89
13:15	93	85	87	86	84	23:00	96	97	90	89	84
13:30	97	95	86	89	85	23:15	99	93	89	95	85
13:45	98	94	87	87	87	23:30	101	91	87	92	86
14:00	100	90	89	82	88	23:45	92	93	92	87	86
14:15	100	94	92	81	83	00:00	92	91	89	87	84
14:30	93	91	98	82	81	00:15	90	93	90	84	81
14:45	97	90	103	75	81	00:30	87	88	88	83	84
15:00	98	87	102	77	80	00:45	90	88	87	81	95
15:15	93	84	102	79	86	01:00	90	92	81	79	89
15:30	96	88	97	80	91	01:15	89	89	83	77	91
15:45	100	94	96	81	92	01:30	87	94	79	77	92
16:00	97	96	95	78	99	01:45	87	87	84	77	93
16:15	100	92	93	83	103	02:00	96	88	81	77	88
16:30	102	99	102	85	98	02:15	93	87	78	78	85
16:45	100	101	94	83	94	02:30	92	84	79	74	87
17:00	105	98	93	86	95	02:45	93	81	80	77	83
17:15	102	97	102	87	101	03:00	91	84	83	80	83
17:30	106	94	95	84	94	03:15	90	85	80	76	81
17:45	99	91	91	84	88	03:30	83	86	75	78	84
18:00	94	88	90	85	85	03:45	81	86	76	76	84
18:15	96	90	94	81	90	04:00	80	86	77	76	85
18:30	96	94	99	77	95	04:15	85	88	76	73	85
18:45	103	99	100	77	93	04:30	86	89	76	73	85
19:00	103	99	89	77	92	04:45	84	88	77	81	88
19:15	105	95	94	77	94	05:00	89	87	80	78	91
19:30	108	98	92	77	95	05:15	88	88	80	76	85
19:45	100	96	99	85	97	05:30	86	89	83	83	84
20:00	101	91	100	92	90	05:45	82	83	83	85	79
20:15	99	88	98	93	89	06:00	88	84	83	78	85
20:30	99	89	90	91	95						

Tabelle B-9: Kuh Nr. 47, Gruppe A2: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhr-zeit	26.04.11	28.04.11	29.04.11	30.04.11	08.05.11	Uhr-zeit	26.04.11	28.04.11	29.04.11	30.04.11	08.05.11
11:00	79	72	79	86	75	20:45	84	87	82	90	91
11:15	82	72	77	77	77	21:00	83	83	83	87	94
11:30	85	71	83	73	82	21:15	78	83	88	78	84
11:45	89	71	88	77	94	21:30	77	82	97	78	87
12:00	69	72	85	83	92	21:45	80	84	97	79	82
12:15	68	74	86	84	90	22:00	81	88	82	76	90
12:30	71	92	87	75	88	22:15	79	97	80	84	90
12:45	71	89	82	76	87	22:30	79	92	82	76	83
13:00	73	84	79	76	83	22:45	78	79	81	77	78
13:15	85	87	76	71	79	23:00	97	80	82	76	79
13:30	86	84	72	71	77	23:15	88	83	80	81	77
13:45	81	69	72	71	77	23:30	88	83	80	81	76
14:00	73	71	74	72	89	23:45	84	81	93	88	77
14:15	71	72	75	72	73	00:00	74	83	95	81	85
14:30	70	72	72	73	76	00:15	74	91	91	81	93
14:45	70	83	74	82	75	00:30	77	94	89	72	85
15:00	79	82	75	81	74	00:45	75	80	86	71	80
15:15	82	81	77	78	73	01:00	74	78	80	73	76
15:30	80	82	84	82	74	01:15	72	83	73	71	75
15:45	73	75	80	80	81	01:30	76	85	78	72	83
16:00	91	86	78	73	75	01:45	75	82	76	72	84
16:15	92	89	72	76	88	02:00	73	75	75	76	82
16:30	98	91	81	84	92	02:15	74	77	77	80	84
16:45	98	94	86	85	87	02:30	72	76	75	76	83
17:00	87	87	90	82	88	02:45	74	74	77	71	79
17:15	94	88	82	87	84	03:00	75	77	75	69	81
17:30	91	94	82	83	82	03:15	75	84	76	72	81
17:45	79	97	90	86	82	03:30	71	79	76	76	80
18:00	77	96	90	92	82	03:45	72	72	77	72	78
18:15	78	88	92	86	89	04:00	74	72	77	71	73
18:30	80	86	96	92	88	04:15	89	73	75	65	74
18:45	77	89	96	91	87	04:30	81	83	84	64	74
19:00	96	96	94	87	85	04:45	75	78	80	65	81
19:15	94	97	90	82	90	05:00	74	76	82	71	75
19:30	85	93	88	85	90	05:15	85	76	87	80	80
19:45	84	92	90	84	86	05:30	83	71	89	93	86
20:00	79	85	91	90	84	05:45	77	79	83	101	91
20:15	89	82	82	92	82	06:00	70	86	75	95	84
20:30	90	91	82	91	84						

Tabelle B-10: Kuh Nr. 48, Gruppe A2: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhr-zeit	25.04.11	26.04.11	27.04.11	28.04.11	29.04.11	Uhr-zeit	25.04.11	26.04.11	27.04.11	28.04.11	29.04.11
11:00	88	91	83	87	81	20:45	95	102	92	101	104
11:15	81	82	79	84	80	21:00	94	102	98	95	103
11:30	78	78	86	84	96	21:15	93	96	101	97	101
11:45	76	78	88	96	97	21:30	101	91	101	98	96
12:00	76	76	84	92	91	21:45	95	94	96	104	95
12:15	76	76	91	100	89	22:00	90	85	96	105	93
12:30	78	77	90	95	86	22:15	88	86	97	104	94
12:45	79	78	92	98	90	22:30	100	85	100	101	98
13:00	80	91	95	87	97	22:45	97	87	94	100	95
13:15	92	93	89	87	94	23:00	91	85	92	98	96
13:30	93	97	84	87	92	23:15	89	83	89	91	103
13:45	106	102	84	97	86	23:30	86	88	94	88	99
14:00	87	101	86	105	82	23:45	84	87	92	88	89
14:15	94	89	97	96	83	00:00	86	87	89	86	90
14:30	99	89	95	87	87	00:15	85	96	87	88	89
14:45	93	91	94	93	86	00:30	87	95	87	95	89
15:00	83	96	96	95	85	00:45	85	96	85	98	90
15:15	85	100	91	92	120	01:00	85	92	87	89	88
15:30	85	86	90	94	139	01:15	83	87	89	96	97
15:45	84	83	91	94	98	01:30	80	88	87	90	99
16:00	83	86	96	93	95	01:45	85	83	88	93	95
16:15	89	94	97	101	92	02:00	84	85	95	93	85
16:30	90	95	92	94	89	02:15	82	88	94	96	93
16:45	83	95	93	97	90	02:30	83	88	93	97	94
17:00	89	93	94	96	88	02:45	93	95	85	91	87
17:15	92	98	99	101	91	03:00	90	92	82	90	87
17:30	95	102	103	102	91	03:15	86	93	81	87	84
17:45	96	102	102	103	95	03:30	91	86	80	83	87
18:00	98	103	104	104	96	03:45	80	84	77	86	87
18:15	101	99	106	102	96	04:00	77	85	83	85	86
18:30	88	92	104	98	98	04:15	78	85	82	94	87
18:45	88	91	107	97	89	04:30	90	84	82	94	91
19:00	88	93	106	96	87	04:45	87	88	79	85	91
19:15	90	93	104	106	88	05:00	82	91	82	83	88
19:30	94	103	93	104	90	05:15	80	85	89	81	83
19:45	104	105	90	105	98	05:30	75	79	83	91	80
20:00	108	105	92	103	102	05:45	76	78	79	88	79
20:15	104	105	93	106	105	06:00	82	81	80	85	80
20:30	101	95	90	104	104						

Tabelle B-11: Kuh Nr. 21, Gruppe A3: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhr-zeit	14.04.11	15.04.11	16.04.11	19.04.11	20.04.11	Uhr-zeit	14.04.11	15.04.11	16.04.11	19.04.11	20.04.11
11:00	80	73	79	90	82	20:45	88	96	106	82	94
11:15	84	73	78	77	82	21:00	90	97	105	80	97
11:30	83	74	80	77	82	21:15	80	91	96	81	92
11:45	83	86	78	80	82	21:30	82	90	90	80	87
12:00	76	75	79	78	80	21:45	79	89	94	82	88
12:15	77	74	88	86	80	22:00	77	83	84	80	87
12:30	76	72	87	78	81	22:15	76	87	85	80	92
12:45	72	76	90	73	82	22:30	91	90	86	77	85
13:00	72	77	87	74	97	22:45	88	98	84	83	80
13:15	73	81	83	72	93	23:00	89	96	83	87	76
13:30	73	85	73	83	93	23:15	96	79	87	94	78
13:45	72	71	76	74	92	23:30	93	77	77	94	76
14:00	87	71	74	71	87	23:45	89	77	79	93	76
14:15	85	70	75	76	80	00:00	91	75	78	96	79
14:30	92	69	74	86	81	00:15	92	86	77	85	87
14:45	90	64	73	90	79	00:30	92	83	78	81	90
15:00	85	66	73	92	79	00:45	93	81	76	79	91
15:15	83	66	78	90	80	01:00	91	85	77	80	82
15:30	87	65	73	95	81	01:15	83	81	100	83	81
15:45	93	68	74	89	81	01:30	86	75	97	86	80
16:00	88	68	73	84	79	01:45	95	76	91	91	79
16:15	87	71	69	83	78	02:00	88	79	90	94	85
16:30	85	83	82	84	84	02:15	78	83	94	93	76
16:45	87	76	83	85	83	02:30	79	72	90	78	74
17:00	90	78	84	87	87	02:45	76	72	80	77	73
17:15	97	90	94	92	89	03:00	73	75	74	74	78
17:30	97	89	97	97	93	03:15	72	74	72	76	77
17:45	97	89	81	97	87	03:30	72	73	78	76	76
18:00	96	91	77	85	79	03:45	76	90	75	75	75
18:15	91	91	81	85	79	04:00	86	97	76	74	80
18:30	95	85	96	84	79	04:15	86	87	76	75	69
18:45	95	89	105	88	81	04:30	75	82	73	72	73
19:00	97	89	102	84	79	04:45	75	82	71	76	74
19:15	92	79	96	88	78	05:00	75	78	74	73	71
19:30	87	80	90	87	80	05:15	85	89	75	70	72
19:45	95	80	84	91	93	05:30	83	78	74	71	69
20:00	93	78	83	99	98	05:45	73	75	73	72	70
20:15	94	79	98	98	98	06:00	76	75	89	73	77
20:30	90	79	95	90	95						

Tabelle B-12: Kuh Nr. 35, Gruppe A3: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhr-zeit	26.04.10	29.04.10	03.05.10	04.05.10	05.05.10	Uhr-zeit	26.04.10	29.04.10	03.05.10	04.05.10	05.05.10
11:00	86	79	72	77	98	20:45	80	98	93	84	83
11:15	84	78	73	76	87	21:00	80	86	83	83	80
11:30	82	82	81	79	83	21:15	82	84	91	83	78
11:45	87	90	77	87	82	21:30	78	83	95	81	81
12:00	85	94	69	91	81	21:45	90	83	83	81	81
12:15	87	88	71	98	79	22:00	92	82	82	83	87
12:30	75	90	71	96	80	22:15	84	79	83	86	94
12:45	75	89	73	90	81	22:30	82	80	84	90	83
13:00	77	79	70	80	91	22:45	83	80	88	92	78
13:15	74	78	70	79	97	23:00	83	81	83	96	78
13:30	76	78	75	78	79	23:15	83	83	82	88	81
13:45	76	87	80	76	79	23:30	82	88	85	86	78
14:00	77	85	73	77	79	23:45	84	88	84	85	79
14:15	82	79	70	78	81	00:00	91	87	92	88	79
14:30	88	80	68	81	86	00:15	90	89	94	96	80
14:45	85	78	67	80	89	00:30	89	91	91	87	79
15:00	89	79	76	86	97	00:45	87	84	80	83	78
15:15	88	79	75	90	99	01:00	82	81	81	89	77
15:30	82	81	68	97	81	01:15	79	81	80	80	80
15:45	83	87	68	91	84	01:30	81	79	86	81	88
16:00	88	91	66	85	81	01:45	81	80	86	79	93
16:15	80	83	71	87	83	02:00	85	82	77	81	92
16:30	78	84	67	87	81	02:15	91	79	77	82	88
16:45	86	78	75	83	87	02:30	92	87	80	85	77
17:00	97	87	87	86	92	02:45	89	92	84	90	77
17:15	94	93	91	84	91	03:00	79	81	85	95	79
17:30	80	81	93	81	85	03:15	77	79	88	95	78
17:45	77	81	92	80	78	03:30	79	77	75	91	77
18:00	79	82	83	80	79	03:45	80	73	78	77	81
18:15	79	81	76	83	79	04:00	80	79	77	77	78
18:30	79	81	75	81	92	04:15	79	85	78	77	73
18:45	82	81	74	84	93	04:30	82	84	77	75	75
19:00	90	90	73	92	93	04:45	81	83	78	72	75
19:15	97	96	72	96	89	05:00	87	75	78	75	73
19:30	101	96	78	94	91	05:15	84	73	79	77	75
19:45	94	93	88	99	92	05:30	83	74	79	82	85
20:00	91	93	94	94	94	05:45	82	75	79	95	87
20:15	85	98	99	95	91	06:00	75	84	89	85	87
20:30	81	97	99	92	90						

Tabelle B-13: Kuh Nr. 37, Gruppe A3: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhr-zeit	14.04.11	15.04.11	16.04.11	17.04.11	19.04.11	Uhr-zeit	14.04.11	15.04.11	16.04.11	17.04.11	19.04.11
11:00	82	78	80	95	78	20:45	87	87	92	97	87
11:15	82	77	76	84	80	21:00	89	87	89	90	87
11:30	79	80	77	86	86	21:15	92	89	86	92	87
11:45	77	79	76	83	88	21:30	92	82	89	90	85
12:00	77	85	75	85	86	21:45	87	81	87	91	90
12:15	76	82	76	88	90	22:00	84	82	85	91	84
12:30	79	88	80	89	89	22:15	86	82	86	91	79
12:45	76	84	81	87	88	22:30	83	82	92	94	83
13:00	72	80	82	86	83	22:45	83	81	85	88	81
13:15	85	80	79	86	89	23:00	81	82	83	86	79
13:30	83	78	79	85	84	23:15	83	84	86	87	90
13:45	86	80	80	86	80	23:30	84	85	83	85	82
14:00	85	78	81	88	84	23:45	83	82	84	93	91
14:15	79	79	80	94	83	00:00	86	81	85	92	85
14:30	77	81	81	94	83	00:15	85	80	82	86	81
14:45	76	81	87	90	87	00:30	83	78	83	86	80
15:00	79	80	85	89	77	00:45	81	86	83	88	79
15:15	83	80	82	86	81	01:00	80	81	87	84	79
15:30	82	78	83	82	82	01:15	83	79	88	84	76
15:45	80	82	79	87	80	01:30	85	82	87	89	81
16:00	78	83	77	87	87	01:45	82	77	89	89	79
16:15	76	86	78	84	89	02:00	86	79	93	83	78
16:30	79	88	80	91	84	02:15	84	78	90	79	77
16:45	74	85	79	80	81	02:30	86	78	82	79	78
17:00	77	83	79	82	83	02:45	80	84	82	80	87
17:15	81	81	85	90	86	03:00	86	85	80	81	90
17:30	87	86	86	91	93	03:15	84	83	80	79	85
17:45	86	90	89	93	91	03:30	77	81	81	83	86
18:00	85	90	87	97	86	03:45	80	84	83	88	84
18:15	87	86	83	87	80	04:00	79	84	87	86	88
18:30	83	77	82	84	80	04:15	78	78	84	90	79
18:45	80	79	87	82	82	04:30	83	77	80	84	79
19:00	80	80	90	91	80	04:45	78	73	84	82	76
19:15	82	79	93	92	82	05:00	77	76	85	83	79
19:30	80	83	95	94	89	05:15	76	80	80	83	83
19:45	84	83	97	92	89	05:30	76	77	85	82	83
20:00	81	86	93	97	95	05:45	81	74	81	82	80
20:15	84	85	86	95	95	06:00	81	77	85	85	80
20:30	88	82	87	93	95						

Tabelle B-14: Kuh Nr. 57, Gruppe A3: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhr- zeit	02.04. 11	03.04. 11	04.04. 11	05.04. 11	06.04. 11	Uhr- zeit	02.04. 11	03.04. 11	04.04. 11	05.04. 11	06.04. 11
11:00	74	76	73	88	77	20:45	83	88	86	88	95
11:15	74	74	80	83	75	21:00	78	86	81	90	91
11:30	71	78	81	85	74	21:15	80	85	83	83	92
11:45	85	78	85	83	75	21:30	80	83	92	78	87
12:00	90	77	85	81	90	21:45	85	87	86	81	90
12:15	85	76	82	81	89	22:00	80	83	83	80	96
12:30	84	93	88	75	88	22:15	81	85	80	80	99
12:45	84	87	86	78	87	22:30	81	78	87	78	89
13:00	79	88	81	78	85	22:45	82	79	84	77	88
13:15	83	90	82	81	86	23:00	83	75	82	83	88
13:30	77	97	75	82	100	23:15	85	81	76	93	81
13:45	83	92	76	82	93	23:30	80	86	76	88	92
14:00	76	96	82	91	82	23:45	79	87	76	90	84
14:15	77	87	76	80	85	00:00	78	89	77	81	92
14:30	76	81	76	85	84	00:15	83	91	77	81	81
14:45	74	83	77	88	98	00:30	76	79	77	86	80
15:00	76	89	70	81	84	00:45	76	78	77	83	98
15:15	91	87	80	87	94	01:00	74	76	77	84	90
15:30	80	85	83	82	87	01:15	71	74	90	91	83
15:45	81	81	77	77	81	01:30	73	75	89	73	82
16:00	89	91	82	88	92	01:45	74	75	85	78	90
16:15	84	87	86	88	91	02:00	80	85	85	81	112
16:30	76	82	89	84	87	02:15	81	87	84	84	94
16:45	78	81	81	92	97	02:30	77	78	84	84	82
17:00	81	87	82	128	138	02:45	77	87	77	76	75
17:15	86	87	84	95	109	03:00	71	82	78	75	78
17:30	89	92	92	98	111	03:15	74	71	83	78	83
17:45	86	90	103	101	90	03:30	74	71	80	80	79
18:00	78	87	93	90	88	03:45	78	73	75	83	78
18:15	86	87	94	86	87	04:00	76	73	74	81	82
18:30	87	84	88	93	93	04:15	78	82	76	83	84
18:45	94	81	92	90	101	04:30	74	83	79	76	77
19:00	90	81	91	91	90	04:45	74	76	77	78	81
19:15	84	82	83	91	111	05:00	73	80	82	76	75
19:30	87	90	87	95	109	05:15	79	89	89	83	84
19:45	85	87	85	84	89	05:30	76	80	75	82	91
20:00	87	86	87	84	90	05:45	66	76	81	75	80
20:15	85	90	78	88	92	06:00	68	76	71	73	77
20:30	82	90	83	89	103						

Tabelle B-15: Kuh Nr. 58, Gruppe A3: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhr-zeit	02.04.11	03.04.11	04.04.11	05.04.11	06.04.11	Uhr-zeit	02.04.11	03.04.11	04.04.11	05.04.11	06.04.11
11:00	85	93	76	78	81	20:45	84	90	88	90	86
11:15	86	94	86	85	79	21:00	83	94	90	89	84
11:30	87	89	86	87	77	21:15	80	92	94	87	84
11:45	84	82	84	92	80	21:30	79	88	89	86	84
12:00	78	82	79	96	80	21:45	86	87	84	86	86
12:15	78	85	77	86	77	22:00	95	84	83	84	85
12:30	79	93	78	89	85	22:15	95	83	87	86	86
12:45	90	95	78	89	91	22:30	96	82	88	96	95
13:00	93	87	81	81	89	22:45	86	82	87	96	94
13:15	96	84	83	81	87	23:00	82	84	85	97	95
13:30	95	86	85	80	82	23:15	81	82	94	93	96
13:45	94	95	92	79	84	23:30	80	84	97	84	92
14:00	86	92	91	78	93	23:45	79	95	97	85	83
14:15	88	90	88	80	95	00:00	83	99	94	85	84
14:30	84	83	83	78	88	00:15	91	97	87	83	82
14:45	88	87	78	87	82	00:30	91	86	84	82	79
15:00	90	91	78	90	83	00:45	90	87	80	81	78
15:15	88	85	80	86	85	01:00	89	84	80	82	81
15:30	84	85	92	86	89	01:15	84	83	85	80	80
15:45	92	82	86	81	83	01:30	81	86	83	80	77
16:00	99	94	85	91	93	01:45	81	87	82	82	85
16:15	94	93	92	91	99	02:00	82	83	83	84	87
16:30	98	90	98	91	95	02:15	80	82	93	91	83
16:45	96	88	94	85	89	02:30	78	80	94	94	79
17:00	94	99	86	84	87	02:45	78	78	85	92	77
17:15	95	97	92	95	103	03:00	78	75	78	87	76
17:30	92	92	100	94	102	03:15	77	80	80	86	76
17:45	94	87	93	91	90	03:30	85	84	81	81	77
18:00	90	84	97	90	93	03:45	83	80	88	80	81
18:15	89	90	103	92	101	04:00	84	78	87	78	81
18:30	92	94	97	88	101	04:15	88	78	82	79	78
18:45	90	99	87	93	98	04:30	89	80	83	87	79
19:00	80	99	86	100	91	04:45	84	82	80	83	78
19:15	81	93	96	94	92	05:00	78	78	84	78	74
19:30	80	91	92	95	97	05:15	86	93	95	88	80
19:45	87	88	97	97	91	05:30	94	96	97	94	87
20:00	95	86	99	87	86	05:45	85	86	84	95	84
20:15	96	85	95	90	89	06:00	80	78	78	84	75
20:30	87	86	92	95	87						

Tabelle B-16: Kuh Nr. 67, Gruppe A3: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhr-zeit	08.04.11	09.04.11	10.04.11	13.04.11	14.04.11	Uhr-zeit	08.04.11	09.04.11	10.04.11	13.04.11	14.04.11
11:00	79	89	86	88	83	20:45	89	92	91	97	86
11:15	80	84	94	88	87	21:00	89	91	93	94	97
11:30	79	91	98	88	87	21:15	96	81	89	94	94
11:45	80	81	98	86	86	21:30	96	87	95	91	84
12:00	79	81	86	104	102	21:45	99	87	104	89	83
12:15	76	85	87	97	86	22:00	101	87	103	88	87
12:30	86	82	85	99	89	22:15	98	88	104	88	83
12:45	86	85	86	93	94	22:30	93	85	96	97	84
13:00	85	90	85	90	99	22:45	99	87	87	98	85
13:15	81	90	87	92	91	23:00	97	89	89	101	86
13:30	79	92	81	95	88	23:15	88	92	94	94	87
13:45	82	90	85	84	89	23:30	91	87	94	91	83
14:00	82	82	84	86	87	23:45	89	87	87	93	83
14:15	78	81	84	85	91	00:00	87	88	91	82	105
14:30	80	87	84	86	88	00:15	89	88	90	87	94
14:45	78	86	83	86	81	00:30	95	91	84	88	91
15:00	79	81	84	95	84	00:45	95	100	87	84	84
15:15	80	79	81	92	89	01:00	88	97	91	94	87
15:30	85	86	93	92	89	01:15	90	100	93	95	92
15:45	90	83	93	90	87	01:30	90	99	89	92	90
16:00	90	82	95	84	79	01:45	81	91	92	88	86
16:15	84	81	94	85	85	02:00	87	91	92	85	85
16:30	85	89	92	86	89	02:15	89	89	88	85	85
16:45	79	87	89	96	86	02:30	92	88	89	90	89
17:00	86	88	91	98	87	02:45	86	94	81	78	86
17:15	88	90	91	100	91	03:00	92	91	84	92	90
17:30	92	96	92	97	101	03:15	94	85	90	84	88
17:45	94	92	99	99	89	03:30	89	83	86	86	88
18:00	91	92	98	100	87	03:45	91	88	84	87	89
18:15	96	93	97	100	86	04:00	80	83	78	85	92
18:30	95	93	107	90	87	04:15	87	82	79	87	93
18:45	100	100	105	89	86	04:30	89	83	81	87	95
19:00	88	93	113	91	88	04:45	80	83	84	85	90
19:15	84	94	110	91	93	05:00	83	77	80	88	84
19:30	88	91	92	102	93	05:15	84	81	89	94	82
19:45	86	88	93	101	95	05:30	83	83	83	92	81
20:00	86	90	96	98	96	05:45	89	89	88	83	83
20:15	88	97	96	93	92	06:00	93	87	88	82	79
20:30	91	94	96	92	91						

Tabelle B-17: Kuh Nr. 68, Gruppe A3: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhr-zeit	19.04.11	20.04.11	21.04.11	22.04.11	23.04.11	Uhr-zeit	19.04.11	20.04.11	21.04.11	22.04.11	23.04.11
11:00	86	77	78	87	89	20:45	76	96	85	88	81
11:15	83	76	80	92	91	21:00	77	90	81	88	80
11:30	92	75	87	91	83	21:15	77	85	84	83	86
11:45	88	74	92	80	78	21:30	75	83	88	86	91
12:00	87	72	93	80	73	21:45	73	77	84	90	89
12:15	90	85	100	81	72	22:00	76	78	79	89	80
12:30	92	84	98	97	72	22:15	75	79	84	91	81
12:45	91	81	90	95	71	22:30	74	77	80	86	78
13:00	82	81	100	87	79	22:45	84	76	82	80	75
13:15	74	85	95	92	84	23:00	87	77	85	78	74
13:30	73	86	80	94	85	23:15	90	86	84	77	76
13:45	70	90	78	97	92	23:30	84	78	74	77	73
14:00	73	82	79	86	92	23:45	85	84	73	76	74
14:15	86	73	76	93	85	00:00	74	74	75	86	74
14:30	80	74	77	88	83	00:15	71	77	75	90	83
14:45	74	76	84	87	88	00:30	76	75	79	80	84
15:00	74	76	85	78	85	00:45	76	71	75	81	76
15:15	75	88	90	76	88	01:00	82	73	76	84	78
15:30	83	87	88	77	84	01:15	72	73	77	81	74
15:45	88	93	82	80	78	01:30	73	76	75	77	74
16:00	86	92	82	87	77	01:45	74	74	81	84	73
16:15	87	87	89	89	82	02:00	75	75	84	81	72
16:30	86	88	85	89	84	02:15	73	73	88	72	75
16:45	83	83	87	87	83	02:30	73	82	85	75	80
17:00	85	93	92	91	87	02:45	71	84	82	80	86
17:15	91	98	92	96	89	03:00	85	74	69	78	80
17:30	94	105	95	93	89	03:15	85	77	71	75	78
17:45	81	103	94	89	94	03:30	71	76	72	77	71
18:00	75	106	101	83	89	03:45	71	74	70	69	71
18:15	77	102	97	85	83	04:00	68	78	69	68	74
18:30	91	95	93	93	89	04:15	69	80	68	71	77
18:45	93	93	85	95	92	04:30	69	82	70	71	81
19:00	82	102	78	97	91	04:45	70	83	72	74	79
19:15	80	96	78	103	85	05:00	69	81	71	77	82
19:30	80	89	80	92	85	05:15	67	72	69	71	73
19:45	83	87	87	88	84	05:30	81	72	81	70	72
20:00	89	88	84	79	81	05:45	82	77	80	69	71
20:15	96	90	92	79	78	06:00	80	69	81	69	70
20:30	86	96	90	81	83						

Tabelle B-18: Kuh Nr. 93, Gruppe A3: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	11.05.10	12.05.10	14.05.10	Uhrzeit	11.05.10	12.05.10	14.05.10
11:00	75	89	68	20:45	82	91	89
11:15	86	87	72	21:00	87	90	84
11:30	94	83	77	21:15	83	96	81
11:45	94	80	76	21:30	83	97	81
12:00	79	79	75	21:45	87	90	80
12:15	75	82	69	22:00	89	87	80
12:30	74	88	69	22:15	81	84	81
12:45	75	80	71	22:30	78	80	90
13:00	89	78	68	22:45	79	80	84
13:15	87	80	67	23:00	77	80	82
13:30	87	85	67	23:15	74	82	76
13:45	88	86	70	23:30	79	92	74
14:00	84	75	71	23:45	82	91	78
14:15	79	73	68	00:00	90	85	74
14:30	78	74	67	00:15	86	81	72
14:45	82	80	70	00:30	85	83	70
15:00	87	83	67	00:45	85	84	72
15:15	80	78	71	01:00	81	79	85
15:30	81	75	80	01:15	78	77	86
15:45	80	74	77	01:30	74	77	70
16:00	79	75	77	01:45	73	77	69
16:15	83	81	84	02:00	71	76	68
16:30	83	81	89	02:15	72	82	68
16:45	81	81	84	02:30	84	75	69
17:00	77	80	88	02:45	81	75	66
17:15	84	82	82	03:00	79	73	66
17:30	89	85	91	03:15	79	79	64
17:45	87	88	89	03:30	76	84	65
18:00	81	81	96	03:45	71	78	65
18:15	82	83	91	04:00	72	76	80
18:30	91	94	92	04:15	72	77	65
18:45	96	94	89	04:30	78	72	63
19:00	97	91	82	04:45	78	75	67
19:15	91	85	84	05:00	72	71	75
19:30	88	86	92	05:15	76	71	68
19:45	91	93	87	05:30	84	80	73
20:00	90	95	89	05:45	84	83	81
20:15	84	94	84	06:00	76	78	83
20:30	84	91	92				

Tabelle B-19: Kuh Nr. 102, Gruppe A3: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhr-zeit	13.04.11	14.04.11	15.04.11	16.04.11	17.04.11	Uhr-zeit	13.04.11	14.04.11	15.04.11	16.04.11	17.04.11
11:00	70	73	67	80	77	20:45	92	94	81	82	81
11:15	68	75	68	75	77	21:00	88	93	83	80	79
11:30	68	76	65	76	75	21:15	83	86	91	82	86
11:45	85	72	68	77	72	21:30	87	84	84	80	102
12:00	76	76	72	77	72	21:45	84	84	84	78	94
12:15	73	91	71	77	70	22:00	77	87	85	77	82
12:30	71	89	71	101	73	22:15	76	84	72	76	84
12:45	70	86	68	99	97	22:30	76	74	76	78	83
13:00	67	81	69	91	91	22:45	75	76	75	74	85
13:15	67	75	70	88	90	23:00	81	75	72	73	85
13:30	65	73	69	83	84	23:15	82	75	74	79	81
13:45	66	73	96	80	80	23:30	80	73	73	79	84
14:00	68	75	86	81	77	23:45	82	72	74	78	81
14:15	72	74	77	74	75	00:00	75	71	75	77	79
14:30	92	72	79	73	76	00:15	73	87	73	75	77
14:45	92	73	79	77	80	00:30	71	82	73	74	82
15:00	84	73	76	78	90	00:45	71	79	74	73	76
15:15	78	73	77	77	91	01:00	72	81	73	88	76
15:30	87	97	90	80	88	01:15	72	80	72	94	82
15:45	78	80	75	80	84	01:30	73	76	75	87	81
16:00	80	79	77	84	83	01:45	73	73	73	90	78
16:15	89	89	84	95	87	02:00	71	73	71	84	74
16:30	94	95	91	98	92	02:15	83	71	81	83	74
16:45	95	94	91	89	87	02:30	96	70	92	80	74
17:00	93	92	86	91	84	02:45	90	69	84	73	71
17:15	77	89	86	94	90	03:00	89	71	79	72	74
17:30	75	96	88	100	96	03:15	82	71	75	74	75
17:45	75	99	93	103	98	03:30	77	68	76	73	71
18:00	93	99	91	100	101	03:45	68	67	73	73	71
18:15	97	96	89	98	99	04:00	66	67	73	83	71
18:30	99	92	96	95	97	04:15	67	70	72	91	70
18:45	97	93	94	93	94	04:30	67	89	77	90	85
19:00	88	90	92	93	88	04:45	76	79	78	81	81
19:15	91	87	90	92	85	05:00	71	79	78	81	79
19:30	93	94	89	91	84	05:15	79	85	84	81	87
19:45	90	92	90	86	82	05:30	87	92	92	92	91
20:00	93	91	87	88	82	05:45	89	91	97	93	91
20:15	84	87	88	86	83	06:00	77	82	88	83	88
20:30	93	86	88	83	82						

Tabelle B-20: Kuh Nr. 1, Gruppe A4: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhr-zeit	02.04.11	03.04.11	04.04.11	05.04.11	06.04.11	Uhr-zeit	02.04.11	03.04.11	04.04.11	05.04.11	06.04.11
11:00	80	87	78	81	71	20:45	93	80	85	85	97
11:15	78	88	78	84	72	21:00	97	81	85	90	89
11:30	78	88	77	78	77	21:15	98	82	82	87	92
11:45	79	88	76	76	80	21:30	93	85	83	82	95
12:00	79	89	79	74	83	21:45	88	88	82	82	96
12:15	82	90	83	75	85	22:00	91	81	83	82	91
12:30	79	90	89	76	83	22:15	87	79	84	81	94
12:45	87	90	88	74	76	22:30	87	79	82	84	96
13:00	95	91	84	75	75	22:45	86	79	83	82	91
13:15	90	91	85	79	72	23:00	88	79	83	81	83
13:30	87	92	88	84	72	23:15	84	79	83	80	83
13:45	89	92	88	88	73	23:30	86	79	91	80	86
14:00	86	92	91	87	72	23:45	83	79	80	82	93
14:15	85	93	88	88	78	00:00	80	95	81	81	81
14:30	79	93	83	86	78	00:15	80	94	80	85	80
14:45	78	93	80	88	87	00:30	83	91	79	101	81
15:00	79	94	85	83	82	00:45	89	92	81	91	82
15:15	80	94	80	80	74	01:00	78	90	81	91	82
15:30	80	95	78	80	75	01:15	80	89	92	91	87
15:45	78	95	77	77	78	01:30	87	90	91	91	84
16:00	75	96	76	82	75	01:45	88	92	89	90	81
16:15	83	96	80	85	76	02:00	87	93	84	87	83
16:30	80	97	77	82	77	02:15	84	83	88	89	87
16:45	87	97	77	82	80	02:30	85	78	88	85	83
17:00	91	100	87	83	80	02:45	86	81	87	92	77
17:15	105	102	95	80	90	03:00	88	83	84	87	79
17:30	90	96	94	73	94	03:15	89	76	83	85	87
17:45	88	95	92	75	93	03:30	88	78	86	82	75
18:00	82	94	94	80	87	03:45	84	78	80	82	73
18:15	81	95	93	83	89	04:00	81	79	81	81	74
18:30	82	95	95	86	93	04:15	82	79	79	80	75
18:45	81	95	93	87	103	04:30	82	82	77	77	74
19:00	83	91	87	86	104	04:45	84	79	77	77	72
19:15	92	95	92	84	91	05:00	86	75	76	79	72
19:30	92	86	101	82	87	05:15	84	76	80	80	74
19:45	96	84	98	88	91	05:30	79	81	81	87	74
20:00	91	83	91	89	95	05:45	80	71	77	80	80
20:15	91	82	92	83	104	06:00	76	75	76	77	75
20:30	100	81	87	82	101						

Tabelle B-21: Kuh Nr. 2, Gruppe A4: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhr-zeit	16.04.11	17.04.11	19.04.11	20.04.11	21.04.11	Uhr-zeit	16.04.11	17.04.11	19.04.11	20.04.11	21.04.11
11:00	91	84	82	73	89	20:45	96	104	96	106	95
11:15	81	75	84	75	84	21:00	91	103	92	97	91
11:30	86	70	83	75	81	21:15	89	106	99	100	91
11:45	86	74	74	73	80	21:30	88	105	97	92	84
12:00	89	75	85	80	84	21:45	99	102	90	87	87
12:15	92	74	88	91	94	22:00	98	91	89	89	87
12:30	93	82	94	96	98	22:15	90	85	96	104	83
12:45	88	90	96	96	102	22:30	94	94	95	94	80
13:00	78	93	95	93	101	22:45	87	98	82	88	82
13:15	76	96	80	75	86	23:00	94	102	88	92	92
13:30	75	92	82	78	80	23:15	92	103	88	83	102
13:45	87	85	93	78	79	23:30	79	100	88	85	101
14:00	85	102	95	98	84	23:45	75	90	88	84	91
14:15	72	96	103	102	81	00:00	77	91	84	83	87
14:30	75	91	85	107	98	00:15	76	90	89	89	91
14:45	74	86	83	113	104	00:30	87	89	88	99	91
15:00	82	79	82	105	101	00:45	95	96	89	99	81
15:15	97	80	82	86	93	01:00	97	100	93	99	82
15:30	91	93	95	90	88	01:15	76	90	86	97	85
15:45	87	86	90	99	89	01:30	90	88	81	87	94
16:00	84	92	86	95	87	01:45	84	94	82	90	85
16:15	91	98	92	104	101	02:00	89	89	90	91	80
16:30	94	96	105	111	105	02:15	81	83	91	91	85
16:45	96	98	102	106	99	02:30	89	86	81	87	85
17:00	89	94	91	103	100	02:45	75	77	82	88	93
17:15	90	100	81	101	91	03:00	90	75	79	94	89
17:30	94	91	77	96	85	03:15	92	88	76	91	81
17:45	94	89	80	94	84	03:30	72	87	79	77	87
18:00	83	106	78	83	91	03:45	81	81	85	88	80
18:15	82	109	79	81	83	04:00	87	82	81	84	82
18:30	82	108	93	81	82	04:15	86	84	84	82	80
18:45	79	90	101	78	81	04:30	90	88	80	88	79
19:00	81	84	97	81	98	04:45	83	82	79	91	83
19:15	96	83	100	83	104	05:00	80	84	75	81	79
19:30	94	81	96	91	103	05:15	79	82	90	81	77
19:45	84	82	92	100	95	05:30	81	86	95	81	79
20:00	88	84	88	108	96	05:45	90	84	81	87	81
20:15	101	101	92	109	100	06:00	81	79	81	95	94
20:30	101	104	100	109	101						

Tabelle B-22: Kuh Nr. 20, Gruppe A4: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhr-zeit	07.04.11	08.04.11	09.04.11	10.04.11	13.04.11	Uhr-zeit	07.04.11	08.04.11	09.04.11	10.04.11	13.04.11
11:00	81	78	73	91	83	20:45	88	83	80	83	92
11:15	80	84	76	87	83	21:00	85	86	76	83	86
11:30	80	85	73	80	91	21:15	85	84	75	89	82
11:45	81	84	76	78	84	21:30	86	84	77	99	81
12:00	80	78	77	79	81	21:45	86	85	81	93	84
12:15	79	85	88	80	79	22:00	92	91	81	93	83
12:30	80	85	92	79	86	22:15	88	96	87	93	84
12:45	92	86	89	83	81	22:30	89	96	88	86	84
13:00	88	77	86	92	88	22:45	93	93	94	85	88
13:15	85	78	84	94	89	23:00	91	96	95	86	95
13:30	83	80	85	90	83	23:15	91	88	93	83	88
13:45	81	78	85	85	77	23:30	85	85	93	90	92
14:00	90	78	82	82	78	23:45	84	88	86	93	85
14:15	92	77	79	81	78	00:00	80	84	89	89	85
14:30	88	85	78	84	75	00:15	81	83	86	82	88
14:45	88	89	78	88	76	00:30	82	89	83	79	89
15:00	85	91	79	88	77	00:45	80	80	80	77	90
15:15	87	86	86	88	77	01:00	92	83	81	81	84
15:30	91	84	89	80	79	01:15	95	80	84	78	87
15:45	84	79	85	80	77	01:30	93	80	81	80	80
16:00	81	79	87	79	79	01:45	90	82	84	85	79
16:15	84	84	86	78	79	02:00	83	91	87	82	82
16:30	86	83	84	81	83	02:15	79	90	84	89	80
16:45	84	81	78	80	83	02:30	80	89	87	88	78
17:00	83	88	80	83	90	02:45	78	87	87	90	79
17:15	84	90	82	92	146	03:00	76	85	85	92	79
17:30	92	95	86	94	141	03:15	78	79	82	88	76
17:45	95	98	89	86	125	03:30	78	80	84	87	79
18:00	96	91	88	82	87	03:45	78	86	76	80	86
18:15	94	88	85	81	85	04:00	78	79	78	82	88
18:30	91	83	78	92	79	04:15	88	75	80	87	88
18:45	81	82	78	94	78	04:30	82	76	77	83	81
19:00	80	85	76	97	78	04:45	78	76	75	81	77
19:15	82	92	79	98	78	05:00	80	81	83	82	80
19:30	83	99	91	82	76	05:15	78	73	79	82	81
19:45	87	102	85	84	84	05:30	78	78	76	81	74
20:00	98	95	89	85	95	05:45	78	80	78	85	76
20:15	96	89	87	82	95	06:00	78	77	75	81	77
20:30	93	92	85	84	95						

Tabelle B-23: Kuh Nr. 36, Gruppe A4: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhr- zeit	02.04. 11	03.04. 11	04.04. 11	06.04. 11	07.04. 11	Uhr- zeit	02.04. 11	03.04. 11	04.04. 11	06.04. 11	07.04. 11
11:00	78	83	77	79	87	20:45	92	93	87	96	85
11:15	77	88	72	79	85	21:00	89	90	92	87	83
11:30	77	88	76	94	85	21:15	89	92	88	90	93
11:45	80	89	76	84	84	21:30	100	89	83	94	92
12:00	87	89	76	84	84	21:45	99	90	83	93	93
12:15	90	90	75	85	91	22:00	100	89	83	89	92
12:30	92	87	77	86	86	22:15	96	89	90	89	95
12:45	87	89	86	89	88	22:30	95	88	97	91	94
13:00	88	87	84	85	89	22:45	95	87	92	91	92
13:15	89	85	87	86	87	23:00	91	90	92	88	86
13:30	87	85	86	83	87	23:15	91	90	87	96	87
13:45	82	85	86	81	88	23:30	91	92	85	93	88
14:00	83	90	86	85	87	23:45	89	95	87	92	93
14:15	82	89	80	84	90	00:00	86	95	89	93	87
14:30	84	88	80	88	96	00:15	89	90	88	86	85
14:45	90	90	83	90	95	00:30	88	89	85	89	87
15:00	93	87	88	85	90	00:45	92	88	85	92	89
15:15	89	84	89	85	95	01:00	89	89	81	89	91
15:30	84	84	89	87	96	01:15	87	88	82	92	92
15:45	88	84	87	82	91	01:30	91	86	85	93	91
16:00	91	80	90	86	89	01:45	86	81	88	95	87
16:15	88	85	90	89	89	02:00	86	82	84	91	87
16:30	92	86	87	87	93	02:15	87	82	80	89	91
16:45	91	90	88	88	82	02:30	89	81	83	91	91
17:00	91	90	88	93	83	02:45	92	88	81	89	90
17:15	88	92	94	95	88	03:00	91	92	78	85	89
17:30	83	89	96	96	91	03:15	90	87	79	83	90
17:45	83	81	85	93	90	03:30	93	84	83	90	85
18:00	82	81	86	95	91	03:45	88	82	87	88	87
18:15	92	90	89	91	91	04:00	84	81	83	85	86
18:30	97	84	94	93	91	04:15	85	80	83	92	84
18:45	98	84	89	87	88	04:30	90	78	86	93	92
19:00	93	88	90	90	89	04:45	89	80	85	90	87
19:15	96	88	90	93	91	05:00	86	82	78	89	88
19:30	93	82	86	85	88	05:15	84	79	81	86	93
19:45	94	78	91	87	87	05:30	85	80	89	86	89
20:00	87	82	90	84	87	05:45	81	83	87	86	86
20:15	87	84	87	86	91	06:00	80	81	85	89	84
20:30	97	86	88	90	88						

Tabelle B-24: Kuh Nr. 3, Gruppe B1: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	08.04.11	09.04.11	10.04.11	Uhrzeit	08.04.11	09.04.11	10.04.11
11:00	76	89	91	20:45	89	88	93
11:15	80	88	79	21:00	90	90	95
11:30	88	81	77	21:15	96	87	96
11:45	77	81	81	21:30	97	85	89
12:00	77	79	85	21:45	82	85	86
12:15	77	79	74	22:00	83	83	83
12:30	83	84	75	22:15	83	82	85
12:45	89	79	79	22:30	85	89	80
13:00	89	76	82	22:45	94	78	77
13:15	90	76	83	23:00	93	76	78
13:30	89	79	79	23:15	92	78	78
13:45	84	87	77	23:30	81	82	78
14:00	90	87	80	23:45	84	79	85
14:15	81	86	81	00:00	90	76	92
14:30	81	86	79	00:15	96	77	85
14:45	87	81	76	00:30	93	90	85
15:00	92	77	78	00:45	90	89	72
15:15	89	76	70	01:00	94	87	80
15:30	86	76	73	01:15	91	89	88
15:45	87	86	75	01:30	84	87	89
16:00	76	84	84	01:45	87	83	79
16:15	83	85	85	02:00	93	77	72
16:30	90	85	82	02:15	93	87	76
16:45	85	82	78	02:30	88	84	87
17:00	89	85	82	02:45	88	76	84
17:15	89	85	90	03:00	76	75	79
17:30	97	90	90	03:15	76	74	73
17:45	89	89	81	03:30	91	75	83
18:00	85	81	79	03:45	85	87	83
18:15	88	82	86	04:00	82	81	80
18:30	95	82	89	04:15	83	78	72
18:45	95	91	86	04:30	85	81	71
19:00	88	92	89	04:45	87	80	77
19:15	89	87	83	05:00	81	78	81
19:30	93	85	82	05:15	86	78	79
19:45	86	89	85	05:30	84	73	72
20:00	84	92	84	05:45	81	75	68
20:15	101	88	95	06:00	81	73	69
20:30	100	85	97				

Tabelle B-25: Kuh Nr. 13, Gruppe B1: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	07.05.11	08.05.11	09.05.11	Uhrzeit	07.05.11	08.05.11	09.05.11
11:00	90	91	87	20:45	96	92	96
11:15	106	89	96	21:00	92	106	85
11:30	102	91	95	21:15	89	104	88
11:45	97	110	94	21:30	85	96	88
12:00	84	105	96	21:45	85	97	88
12:15	84	108	100	22:00	83	105	89
12:30	86	110	98	22:15	84	106	87
12:45	103	104	98	22:30	86	105	101
13:00	87	97	95	22:45	85	101	101
13:15	83	97	95	23:00	86	103	99
13:30	92	95	95	23:15	85	97	100
13:45	95	91	92	23:30	83	92	99
14:00	83	92	91	23:45	84	93	98
14:15	82	88	93	00:00	84	89	100
14:30	84	89	92	00:15	85	92	89
14:45	100	88	89	00:30	85	89	87
15:00	99	91	88	00:45	91	88	86
15:15	96	90	89	01:00	108	89	85
15:30	96	89	88	01:15	110	87	98
15:45	98	91	92	01:30	111	89	97
16:00	95	103	90	01:45	109	104	88
16:15	95	107	80	02:00	98	106	84
16:30	92	105	85	02:15	91	105	87
16:45	92	97	102	02:30	89	93	87
17:00	94	105	97	02:45	94	98	85
17:15	97	104	96	03:00	87	105	84
17:30	90	106	98	03:15	89	96	83
17:45	89	105	103	03:30	92	89	84
18:00	102	96	103	03:45	91	94	83
18:15	103	100	104	04:00	89	86	90
18:30	93	106	99	04:15	86	86	90
18:45	94	106	98	04:30	88	96	84
19:00	89	104	107	04:45	103	85	83
19:15	88	104	99	05:00	86	84	83
19:30	89	105	95	05:15	89	80	83
19:45	99	104	89	05:30	97	81	94
20:00	113	105	89	05:45	89	95	78
20:15	107	95	88	06:00	100	96	80
20:30	101	95	89				

Tabelle B-26: Kuh Nr. 24, Gruppe B1: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	04.07.11	06.07.11	07.07.11	Uhrzeit	04.07.11	06.07.11	07.07.11
11:00	78	85	87	20:45	94	96	91
11:15	81	86	83	21:00	99	93	94
11:30	81	89	80	21:15	97	91	90
11:45	79	89	86	21:30	97	89	93
12:00	81	89	91	21:45	95	85	89
12:15	91	86	90	22:00	95	83	88
12:30	89	89	87	22:15	92	82	93
12:45	94	88	85	22:30	90	80	95
13:00	96	86	83	22:45	91	78	92
13:15	91	80	77	23:00	90	78	90
13:30	90	78	75	23:15	94	86	83
13:45	83	80	82	23:30	92	88	86
14:00	82	79	90	23:45	90	88	90
14:15	83	80	88	00:00	87	89	87
14:30	86	89	84	00:15	82	87	79
14:45	91	92	80	00:30	82	84	82
15:00	90	94	81	00:45	80	82	86
15:15	86	95	88	01:00	80	81	83
15:30	87	92	88	01:15	86	81	85
15:45	88	88	85	01:30	86	79	80
16:00	87	86	84	01:45	84	76	78
16:15	86	92	86	02:00	87	77	81
16:30	89	94	86	02:15	82	78	82
16:45	84	94	84	02:30	76	90	80
17:00	85	88	86	02:45	79	84	77
17:15	89	90	89	03:00	86	84	75
17:30	89	93	88	03:15	78	82	86
17:45	91	94	81	03:30	80	84	87
18:00	92	95	81	03:45	77	82	83
18:15	93	93	79	04:00	79	79	83
18:30	87	95	83	04:15	81	77	79
18:45	85	92	91	04:30	82	77	77
19:00	85	90	89	04:45	86	81	80
19:15	85	90	88	05:00	83	74	75
19:30	86	88	81	05:15	82	72	77
19:45	84	87	82	05:30	82	73	78
20:00	92	97	80	05:45	80	74	82
20:15	94	100	81	06:00	84	77	75
20:30	92	98	91				

Tabelle B-27: Kuh Nr. 39, Gruppe B1: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	31.08.11	01.09.11	02.09.11	Uhrzeit	31.08.11	01.09.11	02.09.11
11:00	83	71	65	20:45	73	76	71
11:15	83	69	66	21:00	70	73	69
11:30	80	69	67	21:15	72	71	70
11:45	79	69	67	21:30	77	69	70
12:00	79	69	70	21:45	72	69	72
12:15	73	70	74	22:00	71	68	72
12:30	71	70	72	22:15	71	69	72
12:45	72	76	73	22:30	71	71	72
13:00	72	71	72	22:45	72	71	69
13:15	73	72	72	23:00	74	72	67
13:30	76	73	73	23:15	71	69	66
13:45	80	80	68	23:30	70	70	65
14:00	84	82	67	23:45	67	73	65
14:15	84	81	68	00:00	67	72	70
14:30	83	79	68	00:15	66	69	68
14:45	81	77	69	00:30	66	65	68
15:00	75	77	71	00:45	73	65	65
15:15	75	75	76	01:00	73	65	62
15:30	75	71	79	01:15	73	64	64
15:45	78	73	74	01:30	73	66	64
16:00	79	75	75	01:45	69	66	63
16:15	78	72	79	02:00	63	67	65
16:30	84	75	80	02:15	65	69	67
16:45	87	77	82	02:30	64	66	64
17:00	82	78	81	02:45	66	62	65
17:15	83	77	81	03:00	67	64	66
17:30	81	76	81	03:15	68	65	66
17:45	79	74	76	03:30	68	67	66
18:00	80	72	76	03:45	64	69	67
18:15	78	69	74	04:00	65	65	66
18:30	70	67	74	04:15	67	65	63
18:45	69	66	73	04:30	67	64	64
19:00	69	72	74	04:45	71	68	69
19:15	76	73	76	05:00	67	68	65
19:30	80	73	74	05:15	67	65	66
19:45	81	75	71	05:30	73	67	70
20:00	82	74	73	05:45	74	69	72
20:15	81	73	72	06:00	71	69	72
20:30	76	75	72				

Tabelle B-28: Kuh Nr. 49, Gruppe B1: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	07.10.11	08.10.11	09.10.11	Uhrzeit	07.10.11	08.10.11	09.10.11
11:00	92	84	89	20:45	88	101	88
11:15	85	84	90	21:00	87	103	91
11:30	89	92	89	21:15	88	98	84
11:45	81	92	88	21:30	87	89	94
12:00	78	90	91	21:45	92	94	93
12:15	82	89	91	22:00	96	85	88
12:30	82	92	94	22:15	96	80	87
12:45	81	89	98	22:30	93	92	86
13:00	79	89	91	22:45	86	93	90
13:15	81	91	90	23:00	95	96	91
13:30	78	83	88	23:15	96	95	93
13:45	78	85	83	23:30	94	90	91
14:00	82	87	84	23:45	90	95	90
14:15	83	88	83	00:00	88	92	87
14:30	83	87	92	00:15	85	91	85
14:45	81	88	92	00:30	83	93	86
15:00	82	92	91	00:45	88	88	84
15:15	94	89	91	01:00	96	84	90
15:30	93	90	90	01:15	92	91	84
15:45	82	90	89	01:30	91	86	86
16:00	83	92	87	01:45	93	90	84
16:15	86	96	87	02:00	91	86	90
16:30	83	96	89	02:15	84	89	87
16:45	90	99	89	02:30	91	88	85
17:00	88	96	89	02:45	87	77	84
17:15	89	97	94	03:00	84	89	80
17:30	92	96	93	03:15	89	84	89
17:45	94	100	93	03:30	88	81	87
18:00	97	94	91	03:45	81	88	83
18:15	93	88	91	04:00	80	84	84
18:30	95	94	93	04:15	89	85	85
18:45	89	94	94	04:30	90	97	86
19:00	87	102	92	04:45	81	80	83
19:15	93	94	92	05:00	86	82	82
19:30	97	93	93	05:15	85	90	80
19:45	101	95	92	05:30	89	90	82
20:00	102	95	88	05:45	87	91	85
20:15	99	102	91	06:00	80	91	84
20:30	92	104	83				

Tabelle B-29: Kuh Nr. 59, Gruppe B1: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	04.11.11	05.11.11	06.11.11	Uhrzeit	04.11.11	05.11.11	06.11.11
11:00	86	92	84	20:45	95	96	94
11:15	86	89	84	21:00	91	89	84
11:30	82	88	88	21:15	86	89	83
11:45	78	87	98	21:30	92	91	91
12:00	79	83	98	21:45	96	86	90
12:15	89	87	98	22:00	94	91	95
12:30	91	84	91	22:15	89	84	91
12:45	93	80	90	22:30	87	87	96
13:00	91	80	86	22:45	83	86	87
13:15	86	83	90	23:00	84	92	89
13:30	85	82	97	23:15	84	97	87
13:45	89	79	89	23:30	82	95	87
14:00	86	77	92	23:45	80	89	85
14:15	83	80	87	00:00	82	85	85
14:30	81	87	84	00:15	89	87	82
14:45	77	83	83	00:30	90	87	87
15:00	81	82	88	00:45	92	85	90
15:15	80	85	94	01:00	90	83	91
15:30	82	81	90	01:15	87	79	84
15:45	85	87	85	01:30	85	83	80
16:00	86	87	88	01:45	84	84	81
16:15	89	81	86	02:00	83	84	76
16:30	97	80	90	02:15	85	82	77
16:45	98	85	97	02:30	81	88	80
17:00	97	91	93	02:45	81	89	80
17:15	89	95	98	03:00	80	88	80
17:30	96	96	100	03:15	83	82	83
17:45	91	93	95	03:30	82	88	81
18:00	95	92	95	03:45	81	82	77
18:15	93	88	95	04:00	84	81	74
18:30	93	89	93	04:15	80	84	85
18:45	92	89	98	04:30	82	75	81
19:00	90	91	98	04:45	81	77	80
19:15	88	92	101	05:00	89	81	79
19:30	88	90	99	05:15	85	76	73
19:45	88	93	91	05:30	79	83	77
20:00	89	92	88	05:45	78	81	84
20:15	94	96	90	06:00	77	86	88
20:30	99	97	96				

Tabelle B-30: Kuh Nr. 82, Gruppe B1: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	18.06.11	19.06.11	22.06.11	Uhrzeit	18.06.11	19.06.11	22.06.11
11:00	93	85	85	20:45	95	91	98
11:15	91	86	88	21:00	92	96	99
11:30	85	92	93	21:15	93	94	97
11:45	89	93	95	21:30	93	92	93
12:00	90	93	89	21:45	93	90	92
12:15	94	90	92	22:00	90	89	97
12:30	94	93	86	22:15	94	89	95
12:45	88	88	86	22:30	90	87	94
13:00	86	88	87	22:45	88	84	93
13:15	90	89	88	23:00	85	86	90
13:30	87	90	93	23:15	83	90	91
13:45	90	95	92	23:30	91	90	91
14:00	94	93	89	23:45	95	90	90
14:15	94	89	88	00:00	91	97	95
14:30	91	86	92	00:15	93	95	101
14:45	92	86	96	00:30	91	87	103
15:00	88	89	96	00:45	90	87	97
15:15	88	91	92	01:00	88	91	99
15:30	90	88	89	01:15	85	89	93
15:45	88	88	90	01:30	85	94	95
16:00	86	92	87	01:45	83	92	91
16:15	82	92	91	02:00	85	90	95
16:30	84	93	90	02:15	85	89	88
16:45	89	97	93	02:30	87	85	87
17:00	96	98	100	02:45	85	87	92
17:15	96	99	95	03:00	86	86	93
17:30	97	96	94	03:15	94	80	87
17:45	99	99	101	03:30	97	83	95
18:00	98	98	106	03:45	93	84	90
18:15	93	91	98	04:00	86	84	91
18:30	91	88	94	04:15	90	88	93
18:45	90	89	94	04:30	96	83	87
19:00	93	91	95	04:45	95	84	87
19:15	96	88	95	05:00	90	91	93
19:30	89	85	94	05:15	94	86	95
19:45	88	88	95	05:30	94	85	100
20:00	90	86	94	05:45	93	86	96
20:15	95	90	94	06:00	88	86	86
20:30	91	88	92				

Tabelle B-31: Kuh Nr. 85, Gruppe B1: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	04.11.11	05.11.11	06.11.11	Uhrzeit	04.11.11	05.11.11	06.11.11
11:00	88	102	102	20:45	100	92	106
11:15	94	105	103	21:00	94	93	113
11:30	86	90	98	21:15	97	92	114
11:45	92	103	97	21:30	93	90	100
12:00	85	102	89	21:45	89	91	94
12:15	88	102	101	22:00	92	91	90
12:30	91	104	111	22:15	109	89	90
12:45	84	104	101	22:30	109	107	102
13:00	96	101	88	22:45	114	115	105
13:15	105	94	99	23:00	107	112	99
13:30	109	97	103	23:15	97	109	100
13:45	100	96	103	23:30	102	107	105
14:00	94	94	98	23:45	102	99	95
14:15	87	99	97	00:00	98	93	88
14:30	100	103	97	00:15	93	86	89
14:45	103	94	93	00:30	98	96	93
15:00	103	94	100	00:45	90	108	93
15:15	95	93	96	01:00	95	103	91
15:30	91	92	93	01:15	91	94	93
15:45	93	92	90	01:30	86	101	92
16:00	93	99	89	01:45	93	90	97
16:15	94	95	89	02:00	95	91	98
16:30	101	93	88	02:15	85	91	91
16:45	98	99	93	02:30	87	84	94
17:00	91	97	101	02:45	84	91	84
17:15	93	103	106	03:00	90	93	91
17:30	98	108	108	03:15	93	92	89
17:45	113	114	102	03:30	89	101	89
18:00	109	106	97	03:45	84	98	85
18:15	113	94	97	04:00	84	89	78
18:30	112	92	114	04:15	93	85	88
18:45	96	110	115	04:30	101	90	88
19:00	96	109	107	04:45	100	82	90
19:15	93	95	95	05:00	95	93	85
19:30	85	90	101	05:15	87	89	84
19:45	88	94	95	05:30	89	90	83
20:00	97	86	89	05:45	89	93	94
20:15	108	91	88	06:00	87	97	106
20:30	110	89	84				

Tabelle B-32: Kuh Nr. 95, Gruppe B1: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	19.07.11	20.07.11	21.07.11	Uhrzeit	19.07.11	20.07.11	21.07.11
11:00	81	74	69	20:45	83	76	81
11:15	87	74	69	21:00	81	76	79
11:30	86	74	72	21:15	84	77	78
11:45	86	70	80	21:30	83	77	77
12:00	84	72	83	21:45	92	82	77
12:15	85	72	79	22:00	94	85	89
12:30	79	75	80	22:15	87	77	90
12:45	77	76	82	22:30	79	69	81
13:00	76	84	75	22:45	76	73	78
13:15	75	85	70	23:00	77	77	76
13:30	74	89	69	23:15	88	77	76
13:45	75	89	69	23:30	90	76	83
14:00	75	88	68	23:45	88	74	85
14:15	87	84	69	00:00	75	74	77
14:30	79	79	79	00:15	84	74	74
14:45	75	76	76	00:30	82	73	76
15:00	75	74	79	00:45	83	81	79
15:15	76	75	78	01:00	77	84	75
15:30	74	72	78	01:15	71	84	75
15:45	75	73	73	01:30	71	80	75
16:00	83	81	73	01:45	72	77	75
16:15	91	82	82	02:00	77	72	75
16:30	93	87	82	02:15	73	70	74
16:45	87	88	78	02:30	75	70	72
17:00	88	85	76	02:45	74	67	80
17:15	91	82	88	03:00	75	68	85
17:30	84	84	88	03:15	75	69	77
17:45	84	85	91	03:30	75	70	71
18:00	91	89	89	03:45	76	71	74
18:15	92	79	89	04:00	77	70	83
18:30	95	78	83	04:15	82	68	85
18:45	78	78	76	04:30	84	69	80
19:00	80	76	80	04:45	86	69	75
19:15	81	76	90	05:00	90	82	79
19:30	82	89	91	05:15	92	82	86
19:45	96	88	89	05:30	83	81	83
20:00	96	88	82	05:45	82	79	82
20:15	94	90	80	06:00	79	81	87
20:30	83	77	80				

Tabelle B-33: Kuh Nr. 4, Gruppe B2: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	20.04.11	21.04.11	23.04.11	Uhrzeit	20.04.11	21.04.11	23.04.11
11:00	89	86	88	20:45	90	98	93
11:15	80	85	89	21:00	94	108	99
11:30	85	84	82	21:15	105	105	105
11:45	89	87	81	21:30	105	105	104
12:00	86	91	84	21:45	107	91	99
12:15	95	82	80	22:00	103	92	104
12:30	87	84	76	22:15	101	102	102
12:45	80	89	80	22:30	100	100	92
13:00	90	101	77	22:45	94	102	96
13:15	93	98	90	23:00	85	107	104
13:30	97	101	98	23:15	90	110	103
13:45	99	94	101	23:30	102	97	92
14:00	100	103	101	23:45	98	91	88
14:15	88	101	103	00:00	93	93	91
14:30	85	86	92	00:15	86	99	89
14:45	87	86	83	00:30	99	88	86
15:00	86	94	86	00:45	88	91	87
15:15	83	98	100	01:00	86	96	87
15:30	92	91	94	01:15	90	88	88
15:45	80	88	88	01:30	90	94	95
16:00	80	81	91	01:45	92	104	101
16:15	83	85	83	02:00	92	108	99
16:30	93	88	87	02:15	90	109	96
16:45	88	84	82	02:30	91	105	93
17:00	89	87	85	02:45	100	102	91
17:15	100	90	94	03:00	92	90	83
17:30	99	94	96	03:15	90	92	88
17:45	95	99	91	03:30	92	103	94
18:00	96	100	84	03:45	86	98	77
18:15	91	96	85	04:00	86	96	90
18:30	98	84	82	04:15	88	80	88
18:45	89	85	84	04:30	86	89	84
19:00	88	89	96	04:45	92	92	83
19:15	93	102	103	05:00	83	83	83
19:30	95	98	104	05:15	86	88	83
19:45	101	105	98	05:30	92	87	74
20:00	105	102	100	05:45	90	93	77
20:15	105	110	102	06:00	84	99	87
20:30	98	98	94				

Tabelle B-34: Kuh Nr. 14, Gruppe B2: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	23.05.11	24.05.11	25.05.11	Uhrzeit	23.05.11	24.05.11	25.05.11
11:00	100	83	91	20:45	100	83	93
11:15	97	83	82	21:00	89	82	110
11:30	92	83	80	21:15	90	85	104
11:45	95	85	84	21:30	93	88	95
12:00	84	96	85	21:45	99	97	89
12:15	84	96	83	22:00	89	94	88
12:30	84	93	85	22:15	97	93	85
12:45	85	91	85	22:30	105	91	96
13:00	90	91	88	22:45	101	91	90
13:15	91	84	85	23:00	96	93	89
13:30	87	84	85	23:15	91	92	87
13:45	90	93	93	23:30	86	84	88
14:00	89	91	101	23:45	87	84	90
14:15	96	95	86	00:00	86	94	99
14:30	99	93	84	00:15	84	83	101
14:45	99	92	83	00:30	99	82	99
15:00	105	93	83	00:45	87	91	94
15:15	100	85	86	01:00	86	92	87
15:30	95	86	81	01:15	86	82	87
15:45	97	82	83	01:30	92	85	87
16:00	98	82	86	01:45	95	85	86
16:15	98	85	84	02:00	94	85	96
16:30	94	91	93	02:15	97	84	96
16:45	88	84	91	02:30	89	84	92
17:00	91	83	103	02:45	86	95	96
17:15	93	83	95	03:00	82	94	91
17:30	102	95	94	03:15	83	90	85
17:45	104	102	101	03:30	83	86	86
18:00	96	95	93	03:45	81	87	82
18:15	97	90	100	04:00	83	84	88
18:30	91	93	95	04:15	89	82	94
18:45	89	92	97	04:30	83	83	80
19:00	88	88	95	04:45	82	83	79
19:15	89	86	92	05:00	89	92	81
19:30	97	81	92	05:15	86	79	82
19:45	98	82	89	05:30	79	86	81
20:00	101	83	89	05:45	80	76	84
20:15	102	84	90	06:00	79	77	97
20:30	98	81	92				

Tabelle B-35: Kuh Nr. 25, Gruppe B2: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	19.07.11	20.07.11	21.07.11	Uhrzeit	19.07.11	20.07.11	21.07.11
11:00	72	62	68	20:45	80	79	74
11:15	65	64	65	21:00	83	80	73
11:30	66	66	63	21:15	80	78	75
11:45	65	72	62	21:30	86	79	74
12:00	66	81	60	21:45	87	79	73
12:15	77	77	67	22:00	89	87	73
12:30	75	80	74	22:15	90	93	81
12:45	73	81	74	22:30	87	90	83
13:00	64	80	71	22:45	79	87	79
13:15	62	76	69	23:00	77	81	77
13:30	61	75	73	23:15	86	83	73
13:45	72	72	72	23:30	81	76	78
14:00	71	70	73	23:45	89	73	79
14:15	65	71	71	00:00	84	75	80
14:30	64	69	68	00:15	90	78	79
14:45	63	71	68	00:30	88	79	75
15:00	62	68	70	00:45	83	81	68
15:15	70	74	69	01:00	76	78	67
15:30	83	77	67	01:15	77	75	66
15:45	83	92	72	01:30	77	71	65
16:00	73	77	69	01:45	79	70	66
16:15	71	75	70	02:00	84	73	70
16:30	81	73	78	02:15	77	74	76
16:45	87	81	81	02:30	69	81	73
17:00	87	86	80	02:45	73	76	68
17:15	92	86	80	03:00	73	77	69
17:30	87	77	77	03:15	72	70	70
17:45	84	73	80	03:30	88	68	68
18:00	91	81	79	03:45	87	65	68
18:15	87	82	75	04:00	74	67	68
18:30	87	82	74	04:15	70	68	71
18:45	81	83	73	04:30	81	72	71
19:00	71	68	76	04:45	85	69	72
19:15	71	71	79	05:00	72	65	68
19:30	69	70	79	05:15	77	69	68
19:45	89	75	75	05:30	79	69	72
20:00	81	85	71	05:45	76	71	76
20:15	83	77	67	06:00	74	62	74
20:30	82	75	72				

Tabelle B-36: Kuh Nr. 40, Gruppe B2: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	11.09.11	12.09.11	13.09.11	Uhrzeit	11.09.11	12.09.11	13.09.11
11:00	79	70	66	20:45	77	67	67
11:15	77	80	68	21:00	80	67	65
11:30	70	78	69	21:15	80	67	68
11:45	70	77	69	21:30	77	69	67
12:00	76	77	74	21:45	72	75	64
12:15	79	78	80	22:00	71	75	63
12:30	82	76	80	22:15	73	78	63
12:45	78	70	76	22:30	75	75	66
13:00	80	68	70	22:45	78	77	65
13:15	73	70	72	23:00	76	70	64
13:30	70	70	74	23:15	71	66	64
13:45	74	71	78	23:30	68	66	64
14:00	74	77	83	23:45	78	65	62
14:15	73	72	80	00:00	78	65	62
14:30	81	72	79	00:15	77	67	69
14:45	79	70	77	00:30	77	63	70
15:00	77	70	80	00:45	75	68	71
15:15	76	71	81	01:00	74	64	69
15:30	74	64	81	01:15	73	64	68
15:45	76	74	81	01:30	75	65	68
16:00	77	77	81	01:45	73	61	64
16:15	81	79	81	02:00	73	65	62
16:30	82	78	83	02:15	69	68	62
16:45	78	75	85	02:30	72	61	61
17:00	84	74	87	02:45	67	62	64
17:15	79	84	90	03:00	68	63	72
17:30	72	75	89	03:15	71	62	66
17:45	71	76	88	03:30	71	62	60
18:00	71	76	81	03:45	74	63	60
18:15	72	73	74	04:00	72	62	61
18:30	76	68	80	04:15	72	60	62
18:45	80	74	80	04:30	75	64	63
19:00	80	77	81	04:45	74	63	65
19:15	81	77	79	05:00	69	70	63
19:30	81	75	74	05:15	70	60	61
19:45	74	70	72	05:30	73	60	62
20:00	71	64	69	05:45	69	62	64
20:15	72	64	65	06:00	70	67	69
20:30	74	65	64				

Tabelle B-37: Kuh Nr. 50, Gruppe B2: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	16.10.11	17.10.11	18.10.11	Uhrzeit	16.10.11	17.10.11	18.10.11
11:00	88	90	84	20:45	89	91	91
11:15	84	90	89	21:00	80	93	87
11:30	88	84	93	21:15	88	85	84
11:45	87	84	94	21:30	86	87	86
12:00	89	84	89	21:45	89	90	81
12:15	91	76	91	22:00	85	86	82
12:30	90	91	81	22:15	81	86	86
12:45	89	93	82	22:30	87	85	83
13:00	91	90	80	22:45	83	86	83
13:15	85	91	84	23:00	84	85	82
13:30	83	90	89	23:15	86	87	83
13:45	88	90	92	23:30	85	90	88
14:00	89	88	90	23:45	84	87	88
14:15	93	88	89	00:00	81	89	83
14:30	93	92	83	00:15	79	87	82
14:45	89	92	87	00:30	87	87	79
15:00	87	89	88	00:45	86	80	83
15:15	91	88	87	01:00	85	87	86
15:30	90	89	93	01:15	77	82	86
15:45	89	89	92	01:30	80	83	84
16:00	89	94	90	01:45	78	88	79
16:15	89	90	88	02:00	76	88	83
16:30	90	85	86	02:15	82	81	80
16:45	85	91	88	02:30	82	82	82
17:00	88	91	90	02:45	77	81	83
17:15	90	90	91	03:00	79	85	79
17:30	87	89	90	03:15	83	88	79
17:45	89	88	89	03:30	77	83	79
18:00	90	87	86	03:45	75	82	84
18:15	89	92	86	04:00	83	82	80
18:30	88	87	91	04:15	76	82	82
18:45	88	82	93	04:30	83	81	86
19:00	89	88	93	04:45	83	80	83
19:15	88	94	91	05:00	79	76	83
19:30	80	94	86	05:15	84	78	84
19:45	84	94	83	05:30	84	81	77
20:00	91	89	85	05:45	85	81	81
20:15	89	92	92	06:00	83	83	86
20:30	90	92	92				

Tabelle B-38: Kuh Nr. 60, Gruppe B2: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	18.11.11	19.11.11	20.11.11	Uhrzeit	18.11.11	19.11.11	20.11.11
11:00	91	89	76	20:45	90	89	88
11:15	90	88	76	21:00	91	90	87
11:30	88	92	78	21:15	91	91	90
11:45	88	94	84	21:30	86	90	86
12:00	86	91	87	21:45	87	92	86
12:15	83	84	88	22:00	86	83	86
12:30	83	83	87	22:15	87	87	86
12:45	79	81	83	22:30	82	88	81
13:00	79	82	85	22:45	86	86	83
13:15	83	90	85	23:00	81	87	85
13:30	91	87	84	23:15	80	90	86
13:45	93	88	81	23:30	81	88	86
14:00	93	88	85	23:45	79	86	89
14:15	94	83	82	00:00	83	83	84
14:30	88	82	80	00:15	86	82	83
14:45	87	79	83	00:30	85	81	78
15:00	88	78	84	00:45	84	85	80
15:15	92	77	84	01:00	83	87	81
15:30	90	78	85	01:15	76	85	81
15:45	89	83	83	01:30	76	84	82
16:00	85	79	81	01:45	78	83	84
16:15	90	79	84	02:00	81	84	82
16:30	90	81	88	02:15	82	78	79
16:45	88	85	86	02:30	83	76	83
17:00	90	87	84	02:45	80	83	82
17:15	85	90	90	03:00	77	81	75
17:30	92	91	88	03:15	77	81	79
17:45	94	89	89	03:30	77	82	80
18:00	96	91	88	03:45	74	82	81
18:15	95	90	89	04:00	77	78	78
18:30	94	91	84	04:15	78	81	82
18:45	92	90	83	04:30	88	88	76
19:00	86	92	82	04:45	86	83	78
19:15	84	88	83	05:00	80	78	78
19:30	82	90	82	05:15	80	80	77
19:45	81	94	82	05:30	86	85	76
20:00	88	88	83	05:45	90	88	80
20:15	93	88	87	06:00	92	84	79
20:30	91	89	93				

Tabelle B-39: Kuh Nr. 70, Gruppe B2: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	20.04.11	21.04.11	22.04.11	Uhrzeit	20.04.11	21.04.11	22.04.11
11:00	85	99	100	20:45	89	102	105
11:15	86	94	99	21:00	90	104	107
11:30	88	93	91	21:15	101	107	106
11:45	86	93	93	21:30	100	106	104
12:00	87	99	93	21:45	103	106	100
12:15	102	102	91	22:00	101	102	93
12:30	101	100	91	22:15	95	95	92
12:45	99	105	89	22:30	96	97	93
13:00	106	98	104	22:45	105	107	105
13:15	106	90	109	23:00	109	109	102
13:30	105	90	110	23:15	107	108	99
13:45	93	89	110	23:30	99	101	92
14:00	93	101	102	23:45	92	98	92
14:15	100	104	91	00:00	91	102	99
14:30	107	103	91	00:15	100	96	103
14:45	101	101	92	00:30	100	92	104
15:00	92	93	104	00:45	90	92	103
15:15	90	91	103	01:00	89	102	101
15:30	90	102	96	01:15	101	104	95
15:45	95	100	104	01:30	96	102	96
16:00	109	99	104	01:45	97	101	101
16:15	107	95	108	02:00	89	95	100
16:30	107	101	108	02:15	88	103	94
16:45	102	101	105	02:30	88	106	99
17:00	105	107	109	02:45	96	101	97
17:15	105	107	111	03:00	102	99	92
17:30	114	98	110	03:15	101	91	87
17:45	97	93	100	03:30	93	90	87
18:00	93	94	98	03:45	93	91	93
18:15	98	99	100	04:00	87	98	95
18:30	112	106	107	04:15	84	97	90
18:45	107	107	110	04:30	83	91	92
19:00	105	109	110	04:45	85	89	91
19:15	105	104	104	05:00	98	92	86
19:30	103	98	100	05:15	92	96	96
19:45	102	93	95	05:30	94	94	97
20:00	101	90	92	05:45	97	98	102
20:15	94	89	91	06:00	93	99	99
20:30	91	94	100				

Tabelle B-40: Kuh Nr. 83, Gruppe B2: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	04.07.11	05.07.11	07.07.11	Uhrzeit	04.07.11	05.07.11	07.07.11
11:00	90	97	96	20:45	98	105	102
11:15	93	104	91	21:00	96	99	98
11:30	96	103	89	21:15	97	94	102
11:45	102	103	89	21:30	98	102	104
12:00	96	99	95	21:45	98	105	99
12:15	97	99	96	22:00	97	98	97
12:30	101	97	93	22:15	93	97	101
12:45	96	99	92	22:30	93	100	101
13:00	94	103	92	22:45	95	94	101
13:15	96	108	97	23:00	90	95	95
13:30	93	102	98	23:15	94	101	92
13:45	95	104	100	23:30	93	100	94
14:00	91	100	94	23:45	99	94	98
14:15	93	97	95	00:00	102	93	95
14:30	99	102	93	00:15	105	90	97
14:45	92	102	93	00:30	98	94	92
15:00	93	102	92	00:45	96	91	92
15:15	92	95	93	01:00	99	89	91
15:30	91	95	93	01:15	103	91	91
15:45	100	98	96	01:30	103	100	97
16:00	101	97	92	01:45	97	96	95
16:15	95	96	91	02:00	98	90	94
16:30	97	104	95	02:15	93	93	93
16:45	99	105	97	02:30	95	91	93
17:00	103	106	96	02:45	95	90	99
17:15	105	102	94	03:00	94	96	93
17:30	100	99	95	03:15	94	94	93
17:45	108	99	96	03:30	95	91	91
18:00	97	101	94	03:45	103	92	91
18:15	97	102	97	04:00	96	94	89
18:30	99	101	100	04:15	93	93	91
18:45	94	101	91	04:30	91	94	95
19:00	95	96	92	04:45	90	90	90
19:15	102	94	94	05:00	91	88	91
19:30	104	96	98	05:15	93	88	88
19:45	103	102	103	05:30	91	93	93
20:00	104	101	96	05:45	92	87	87
20:15	102	99	102	06:00	92	88	87
20:30	100	99	102				

Tabelle B-41: Kuh Nr. 86, Gruppe B2: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	18.11.11	19.11.11	20.11.11	Uhrzeit	18.11.11	19.11.11	20.11.11
11:00	87	104	101	20:45	103	97	90
11:15	85	104	89	21:00	100	108	94
11:30	87	93	88	21:15	91	104	98
11:45	84	89	88	21:30	96	106	97
12:00	84	90	97	21:45	103	101	101
12:15	79	92	101	22:00	104	96	102
12:30	85	98	100	22:15	98	98	92
12:45	83	101	91	22:30	88	102	89
13:00	83	100	94	22:45	96	95	94
13:15	85	101	101	23:00	98	90	93
13:30	88	91	103	23:15	93	91	88
13:45	105	95	94	23:30	87	97	91
14:00	106	98	91	23:45	93	96	90
14:15	107	97	100	00:00	94	92	96
14:30	99	101	96	00:15	102	91	93
14:45	97	99	96	00:30	104	97	97
15:00	104	93	98	00:45	88	104	81
15:15	102	96	97	01:00	86	100	86
15:30	100	96	98	01:15	100	101	84
15:45	93	96	93	01:30	86	92	86
16:00	96	96	91	01:45	99	89	93
16:15	96	95	93	02:00	97	94	94
16:30	101	97	91	02:15	97	94	86
16:45	105	102	100	02:30	98	91	89
17:00	105	105	101	02:45	101	86	94
17:15	102	107	100	03:00	90	90	91
17:30	95	106	103	03:15	83	84	91
17:45	98	105	91	03:30	96	88	96
18:00	104	90	99	03:45	93	85	88
18:15	108	93	103	04:00	86	87	82
18:30	107	101	105	04:15	87	87	87
18:45	96	102	96	04:30	90	88	86
19:00	105	106	91	04:45	95	87	86
19:15	101	101	92	05:00	89	85	81
19:30	106	98	93	05:15	93	87	82
19:45	106	95	99	05:30	91	94	85
20:00	105	94	101	05:45	93	98	89
20:15	90	93	104	06:00	98	98	94
20:30	93	96	100				

Tabelle B-42: Kuh Nr. 96, Gruppe B2: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	30.07.11	31.07.11	01.08.11	Uhrzeit	30.07.11	31.07.11	01.08.11
11:00	79	76	97	20:45	84	97	80
11:15	84	94	98	21:00	86	98	84
11:30	99	93	94	21:15	87	96	85
11:45	101	92	77	21:30	89	84	86
12:00	106	92	79	21:45	85	82	84
12:15	107	94	78	22:00	84	89	78
12:30	102	91	77	22:15	86	95	80
12:45	88	88	75	22:30	85	95	77
13:00	88	78	74	22:45	84	97	82
13:15	91	81	72	23:00	97	100	82
13:30	90	80	74	23:15	96	95	81
13:45	86	78	77	23:30	95	105	93
14:00	89	80	77	23:45	95	103	95
14:15	90	79	78	00:00	83	101	92
14:30	96	80	86	00:15	84	101	91
14:45	83	78	95	00:30	84	100	80
15:00	86	78	96	00:45	92	100	77
15:15	88	90	90	01:00	78	99	76
15:30	88	88	87	01:15	80	101	71
15:45	88	84	86	01:30	81	102	71
16:00	88	82	77	01:45	81	105	73
16:15	97	91	77	02:00	82	103	73
16:30	96	87	88	02:15	102	103	73
16:45	99	85	84	02:30	101	104	73
17:00	104	90	94	02:45	88	97	72
17:15	96	94	93	03:00	76	100	71
17:30	98	96	96	03:15	79	96	72
17:45	102	99	94	03:30	79	95	74
18:00	98	89	84	03:45	78	88	88
18:15	99	83	83	04:00	79	80	89
18:30	94	81	85	04:15	79	82	70
18:45	80	83	97	04:30	78	84	71
19:00	86	84	104	04:45	80	82	87
19:15	88	88	92	05:00	91	83	71
19:30	96	101	78	05:15	94	83	67
19:45	99	102	81	05:30	94	103	72
20:00	102	101	86	05:45	89	105	73
20:15	93	96	103	06:00	82	102	76
20:30	85	96	82				

Tabelle B-43: Kuh Nr. 105, Gruppe B2: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	13.08.11	14.08.11	15.08.11	Uhrzeit	13.08.11	14.08.11	15.08.11
11:00	77	76	62	20:45	79	79	70
11:15	75	77	61	21:00	72	77	68
11:30	78	74	62	21:15	72	71	67
11:45	75	69	62	21:30	73	70	66
12:00	74	66	57	21:45	74	70	62
12:15	75	69	61	22:00	73	69	60
12:30	76	79	71	22:15	77	76	60
12:45	75	75	68	22:30	71	73	64
13:00	72	73	64	22:45	72	69	66
13:15	72	67	61	23:00	72	71	66
13:30	71	67	61	23:15	80	75	64
13:45	70	69	59	23:30	79	70	62
14:00	83	75	61	23:45	73	66	64
14:15	77	73	68	00:00	71	64	65
14:30	77	70	64	00:15	71	65	69
14:45	79	71	62	00:30	69	69	79
15:00	74	68	62	00:45	67	71	76
15:15	75	67	62	01:00	66	70	77
15:30	72	66	66	01:15	70	66	68
15:45	69	69	63	01:30	67	64	71
16:00	71	71	62	01:45	63	69	67
16:15	75	73	63	02:00	65	72	63
16:30	78	73	68	02:15	63	70	61
16:45	74	70	70	02:30	65	63	65
17:00	77	68	71	02:45	65	60	69
17:15	77	69	76	03:00	67	62	63
17:30	77	77	73	03:15	67	63	61
17:45	77	77	74	03:30	77	62	61
18:00	74	72	75	03:45	68	63	62
18:15	69	74	73	04:00	64	64	63
18:30	69	71	72	04:15	65	67	62
18:45	70	69	73	04:30	71	64	64
19:00	76	74	72	04:45	70	64	66
19:15	88	81	72	05:00	70	62	63
19:30	85	78	73	05:15	70	60	66
19:45	78	76	71	05:30	72	63	75
20:00	76	77	70	05:45	75	71	76
20:15	81	73	76	06:00	73	71	76
20:30	79	75	68				

Tabelle B-44: Kuh Nr. 5, Gruppe B3: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	06.05.11	07.05.11	08.05.11	Uhrzeit	06.05.11	07.05.11	08.05.11
11:00	105	106	98	20:45	112	112	114
11:15	105	104	100	21:00	109	112	114
11:30	102	99	99	21:15	96	109	115
11:45	100	93	98	21:30	99	111	112
12:00	99	94	102	21:45	100	113	111
12:15	104	107	102	22:00	97	105	113
12:30	94	108	99	22:15	121	101	111
12:45	92	97	101	22:30	118	97	109
13:00	91	95	93	22:45	110	100	105
13:15	89	99	90	23:00	106	105	99
13:30	89	99	91	23:15	109	120	102
13:45	87	98	92	23:30	103	115	107
14:00	88	95	93	23:45	105	107	108
14:15	92	98	90	00:00	105	104	101
14:30	102	97	88	00:15	102	105	99
14:45	108	95	88	00:30	102	110	95
15:00	108	96	91	00:45	99	103	97
15:15	101	103	98	01:00	92	102	97
15:30	95	105	107	01:15	96	101	104
15:45	94	111	104	01:30	93	92	105
16:00	95	106	103	01:45	92	93	104
16:15	99	101	100	02:00	88	95	108
16:30	94	98	97	02:15	88	94	108
16:45	95	104	94	02:30	90	94	99
17:00	94	107	97	02:45	89	91	96
17:15	101	101	102	03:00	87	89	95
17:30	100	105	99	03:15	104	93	97
17:45	104	100	105	03:30	108	108	115
18:00	91	93	105	03:45	102	104	104
18:15	94	97	102	04:00	104	100	96
18:30	92	95	95	04:15	99	100	96
18:45	92	90	95	04:30	97	97	96
19:00	108	110	98	04:45	98	100	93
19:15	106	105	98	05:00	95	99	93
19:30	113	103	101	05:15	92	93	91
19:45	113	111	111	05:30	92	91	95
20:00	109	109	115	05:45	94	90	98
20:15	111	110	111	06:00	95	95	97
20:30	115	112	110				

Tabelle B-45: Kuh Nr. 15, Gruppe B3: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	03.06.11	04.06.11	05.06.11	Uhrzeit	03.06.11	04.06.11	05.06.11
11:00	78	87	85	20:45	100	92	104
11:15	81	101	92	21:00	100	106	100
11:30	95	99	96	21:15	98	104	101
11:45	96	95	100	21:30	96	105	90
12:00	95	93	100	21:45	103	103	90
12:15	93	91	101	22:00	89	99	89
12:30	87	86	91	22:15	87	99	89
12:45	88	88	88	22:30	90	96	93
13:00	89	85	91	22:45	86	94	100
13:15	80	94	91	23:00	84	86	87
13:30	82	96	95	23:15	86	88	86
13:45	82	104	106	23:30	85	87	102
14:00	80	100	100	23:45	98	87	99
14:15	80	94	92	00:00	92	101	99
14:30	79	96	85	00:15	96	95	96
14:45	79	102	85	00:30	98	96	91
15:00	80	91	88	00:45	100	94	90
15:15	95	87	98	01:00	95	90	88
15:30	90	85	93	01:15	90	92	88
15:45	81	84	87	01:30	89	86	96
16:00	88	84	83	01:45	88	87	100
16:15	99	95	95	02:00	88	89	100
16:30	96	91	92	02:15	91	84	96
16:45	93	92	90	02:30	87	86	91
17:00	87	94	89	02:45	86	96	88
17:15	98	104	101	03:00	100	92	85
17:30	98	101	95	03:15	95	87	97
17:45	93	107	97	03:30	95	88	91
18:00	90	109	102	03:45	80	89	87
18:15	91	108	100	04:00	81	81	89
18:30	91	100	97	04:15	85	84	86
18:45	82	101	94	04:30	85	82	81
19:00	87	102	89	04:45	96	93	91
19:15	87	92	85	05:00	86	87	92
19:30	82	91	85	05:15	89	83	80
19:45	84	89	88	05:30	80	83	79
20:00	86	89	98	05:45	80	83	80
20:15	86	90	102	06:00	80	86	80
20:30	93	90	103				

Tabelle B-46: Kuh Nr. 26, Gruppe B3: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	30.07.11	31.07.11	02.08.11	Uhrzeit	30.07.11	31.07.11	02.08.11
11:00	73	83	68	20:45	81	82	73
11:15	73	83	69	21:00	85	85	74
11:30	81	82	83	21:15	97	85	75
11:45	93	81	83	21:30	93	88	75
12:00	89	76	84	21:45	93	80	75
12:15	87	74	80	22:00	94	78	75
12:30	89	76	78	22:15	90	81	75
12:45	77	78	74	22:30	96	85	73
13:00	79	80	75	22:45	102	83	72
13:15	81	82	74	23:00	92	83	70
13:30	80	73	72	23:15	80	92	71
13:45	91	73	75	23:30	79	84	73
14:00	104	73	82	23:45	78	81	72
14:15	90	72	80	00:00	85	84	70
14:30	83	79	77	00:15	94	83	77
14:45	75	83	81	00:30	88	80	69
15:00	74	83	77	00:45	81	77	70
15:15	76	79	82	01:00	78	77	67
15:30	75	73	78	01:15	82	76	71
15:45	79	72	76	01:30	86	82	64
16:00	75	75	76	01:45	76	81	74
16:15	87	78	80	02:00	78	80	128
16:30	84	87	80	02:15	75	74	175
16:45	90	86	73	02:30	74	76	163
17:00	95	85	79	02:45	73	77	102
17:15	89	87	87	03:00	77	76	65
17:30	89	90	86	03:15	72	75	76
17:45	91	89	86	03:30	74	79	60
18:00	90	89	86	03:45	81	87	63
18:15	93	84	84	04:00	85	77	63
18:30	83	82	81	04:15	71	75	62
18:45	79	86	76	04:30	71	79	64
19:00	80	87	75	04:45	80	75	73
19:15	79	81	78	05:00	81	69	77
19:30	85	80	79	05:15	73	70	63
19:45	93	78	79	05:30	74	67	64
20:00	92	77	78	05:45	74	67	63
20:15	88	78	78	06:00	74	67	63
20:30	83	81	77				

Tabelle B-47: Kuh Nr. 41, Gruppe B3: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	24.09.11	25.09.11	26.09.11	Uhrzeit	24.09.11	25.09.11	26.09.11
11:00	71	77	69	20:45	73	75	77
11:15	67	81	70	21:00	75	82	76
11:30	63	81	69	21:15	76	82	74
11:45	66	78	77	21:30	82	78	73
12:00	70	78	78	21:45	80	74	74
12:15	69	81	79	22:00	79	72	75
12:30	70	79	79	22:15	74	74	82
12:45	67	80	78	22:30	74	76	77
13:00	64	80	83	22:45	76	81	73
13:15	68	81	83	23:00	78	70	75
13:30	74	78	76	23:15	85	70	79
13:45	72	73	71	23:30	85	73	83
14:00	76	77	72	23:45	78	72	81
14:15	78	73	81	00:00	77	70	80
14:30	79	72	82	00:15	79	77	78
14:45	75	69	82	00:30	80	74	79
15:00	75	72	82	00:45	84	72	77
15:15	77	77	81	01:00	80	76	71
15:30	77	74	79	01:15	78	78	70
15:45	72	73	80	01:30	77	77	73
16:00	73	73	77	01:45	77	70	78
16:15	75	79	80	02:00	77	70	76
16:30	81	77	81	02:15	82	70	73
16:45	80	78	77	02:30	75	74	70
17:00	80	76	76	02:45	77	72	68
17:15	76	77	77	03:00	78	71	69
17:30	74	80	82	03:15	78	71	71
17:45	80	76	82	03:30	79	70	73
18:00	84	76	82	03:45	80	71	75
18:15	79	77	75	04:00	80	76	81
18:30	79	78	73	04:15	76	78	80
18:45	81	78	73	04:30	73	73	78
19:00	80	77	77	04:45	77	75	73
19:15	72	77	77	05:00	76	71	71
19:30	73	79	84	05:15	79	75	71
19:45	83	71	81	05:30	79	77	73
20:00	80	69	78	05:45	75	71	77
20:15	70	72	76	06:00	74	70	77
20:30	70	74	77				

Tabelle B-48: Kuh Nr. 51, Gruppe B3: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	25.10.11	26.10.11	27.10.11	Uhrzeit	25.10.11	26.10.11	27.10.11
11:00	85	82	80	20:45	88	90	83
11:15	80	82	86	21:00	89	89	88
11:30	80	90	87	21:15	88	87	83
11:45	86	93	82	21:30	89	89	89
12:00	87	92	76	21:45	88	88	85
12:15	82	91	81	22:00	105	79	88
12:30	86	82	88	22:15	82	85	88
12:45	87	83	85	22:30	85	79	88
13:00	85	91	84	22:45	88	77	91
13:15	86	87	77	23:00	88	85	88
13:30	86	86	84	23:15	89	88	88
13:45	86	85	82	23:30	88	88	83
14:00	86	81	83	23:45	89	89	77
14:15	83	83	87	00:00	82	85	84
14:30	82	79	85	00:15	82	77	86
14:45	82	82	86	00:30	88	83	83
15:00	85	83	87	00:45	87	76	83
15:15	87	91	86	01:00	85	83	79
15:30	81	91	80	01:15	87	86	81
15:45	84	90	81	01:30	83	76	79
16:00	85	88	84	01:45	79	81	79
16:15	81	84	76	02:00	80	82	83
16:30	84	88	81	02:15	85	81	74
16:45	85	87	85	02:30	76	79	80
17:00	85	88	86	02:45	84	80	76
17:15	88	87	86	03:00	81	80	82
17:30	86	87	88	03:15	83	79	83
17:45	88	89	87	03:30	73	78	84
18:00	85	95	88	03:45	78	82	83
18:15	88	84	86	04:00	82	83	78
18:30	90	88	83	04:15	81	83	79
18:45	87	87	85	04:30	82	81	78
19:00	89	88	82	04:45	83	78	80
19:15	89	86	85	05:00	77	80	79
19:30	90	84	90	05:15	77	75	81
19:45	82	85	90	05:30	81	75	84
20:00	87	86	85	05:45	85	79	83
20:15	86	83	85	06:00	85	82	86
20:30	87	84	81				

Tabelle B-49: Kuh Nr. 61, Gruppe B3: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	04.12.11	05.12.11	06.12.11	Uhrzeit	04.12.11	05.12.11	06.12.11
11:00	80	80	85	20:45	91	100	95
11:15	81	76	82	21:00	96	99	94
11:30	79	76	84	21:15	93	100	101
11:45	74	81	87	21:30	92	102	100
12:00	75	86	86	21:45	87	93	94
12:15	77	86	83	22:00	85	94	90
12:30	83	81	84	22:15	83	91	85
12:45	86	81	82	22:30	84	90	89
13:00	91	79	78	22:45	85	89	94
13:15	87	78	79	23:00	81	86	88
13:30	85	75	78	23:15	82	83	85
13:45	79	80	76	23:30	80	81	89
14:00	79	90	76	23:45	83	89	86
14:15	88	86	79	00:00	87	87	81
14:30	91	82	82	00:15	85	88	85
14:45	84	83	83	00:30	85	86	84
15:00	84	80	83	00:45	81	91	82
15:15	80	80	99	01:00	79	89	82
15:30	79	84	94	01:15	78	86	77
15:45	83	76	87	01:30	80	79	87
16:00	92	78	88	01:45	78	81	78
16:15	84	79	86	02:00	84	81	77
16:30	91	80	91	02:15	79	77	80
16:45	91	87	97	02:30	75	79	85
17:00	95	90	93	02:45	78	79	83
17:15	94	89	97	03:00	77	76	74
17:30	94	91	91	03:15	82	79	71
17:45	94	95	98	03:30	81	79	74
18:00	92	96	99	03:45	81	83	81
18:15	89	99	100	04:00	82	75	83
18:30	86	89	94	04:15	76	75	80
18:45	87	87	89	04:30	73	78	76
19:00	84	86	89	04:45	75	81	75
19:15	84	83	93	05:00	73	77	76
19:30	86	83	86	05:15	73	74	71
19:45	84	79	90	05:30	76	71	74
20:00	80	86	89	05:45	79	81	81
20:15	83	87	87	06:00	86	83	86
20:30	93	92	87				

Tabelle B-50: Kuh Nr. 71, Gruppe B3: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	06.05.11	07.05.11	08.05.11	Uhrzeit	06.05.11	07.05.11	08.05.11
11:00	94	110	86	20:45	106	142	107
11:15	94	115	100	21:00	105	113	105
11:30	93	115	97	21:15	102	108	103
11:45	91	130	90	21:30	104	106	94
12:00	93	130	90	21:45	106	116	94
12:15	121	135	96	22:00	96	117	102
12:30	142	137	109	22:15	97	114	102
12:45	158	153	108	22:30	97	111	99
13:00	145	146	103	22:45	108	123	101
13:15	156	145	99	23:00	99	135	98
13:30	132	134	97	23:15	99	131	95
13:45	118	126	91	23:30	97	121	100
14:00	108	118	92	23:45	93	110	100
14:15	109	118	107	00:00	101	117	91
14:30	109	131	101	00:15	173	106	96
14:45	105	114	97	00:30	170	102	97
15:00	110	116	94	00:45	126	94	101
15:15	110	117	97	01:00	105	96	98
15:30	117	116	93	01:15	110	99	89
15:45	108	104	99	01:30	102	109	91
16:00	93	116	92	01:45	98	113	90
16:15	103	118	97	02:00	104	104	101
16:30	104	116	101	02:15	100	102	103
16:45	93	116	95	02:30	103	118	105
17:00	101	132	97	02:45	89	142	104
17:15	111	148	100	03:00	94	117	99
17:30	109	112	102	03:15	100	108	91
17:45	110	110	103	03:30	95	104	93
18:00	101	116	93	03:45	99	115	100
18:15	108	115	89	04:00	96	112	94
18:30	104	116	98	04:15	101	107	93
18:45	96	119	106	04:30	93	100	96
19:00	101	124	107	04:45	98	110	91
19:15	109	123	105	05:00	95	112	92
19:30	107	113	99	05:15	95	132	93
19:45	105	111	96	05:30	93	109	91
20:00	102	111	102	05:45	98	113	98
20:15	101	99	105	06:00	94	106	103
20:30	105	90	102				

Tabelle B-51: Kuh Nr. 84, Gruppe B3: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	19.07.11	20.07.11	21.07.11	Uhrzeit	19.07.11	20.07.11	21.07.11
11:00	96	93	90	20:45	102	99	103
11:15	95	98	87	21:00	100	101	103
11:30	96	107	95	21:15	100	101	105
11:45	93	102	97	21:30	98	100	104
12:00	91	97	94	21:45	107	96	101
12:15	92	96	96	22:00	107	93	99
12:30	99	97	89	22:15	105	94	101
12:45	103	99	85	22:30	99	92	100
13:00	103	92	92	22:45	97	104	99
13:15	99	94	95	23:00	98	96	100
13:30	96	97	96	23:15	95	98	95
13:45	95	97	96	23:30	92	93	90
14:00	98	93	99	23:45	99	93	92
14:15	95	95	100	00:00	99	98	94
14:30	95	95	91	00:15	102	99	99
14:45	96	95	89	00:30	101	96	104
15:00	94	99	91	00:45	96	89	104
15:15	95	94	91	01:00	98	89	102
15:30	104	90	92	01:15	94	89	95
15:45	97	95	90	01:30	95	87	93
16:00	98	93	100	01:45	100	86	91
16:15	102	94	100	02:00	103	88	92
16:30	105	97	102	02:15	97	88	99
16:45	98	100	99	02:30	95	94	98
17:00	102	101	99	02:45	94	95	97
17:15	109	103	108	03:00	98	87	93
17:30	112	106	109	03:15	92	86	92
17:45	113	103	106	03:30	91	88	95
18:00	110	104	105	03:45	86	88	103
18:15	102	102	106	04:00	91	84	94
18:30	101	98	104	04:15	90	86	91
18:45	104	99	103	04:30	98	90	89
19:00	103	96	100	04:45	96	102	89
19:15	99	97	101	05:00	97	103	90
19:30	101	100	96	05:15	100	96	102
19:45	101	99	99	05:30	101	90	101
20:00	100	98	95	05:45	100	92	101
20:15	101	95	95	06:00	98	88	99
20:30	99	95	100				

Tabelle B-52: Kuh Nr. 87, Gruppe B3: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	04.12.11	05.12.11	06.12.11	Uhrzeit	04.12.11	05.12.11	06.12.11
11:00	88	80	86	20:45	87	82	88
11:15	88	84	82	21:00	83	96	85
11:30	90	83	80	21:15	83	99	80
11:45	86	75	81	21:30	82	99	81
12:00	82	78	79	21:45	87	93	78
12:15	82	78	81	22:00	88	89	80
12:30	80	75	81	22:15	90	89	79
12:45	76	75	81	22:30	89	81	81
13:00	81	76	86	22:45	93	82	81
13:15	82	76	89	23:00	86	82	82
13:30	87	77	97	23:15	80	79	80
13:45	94	77	88	23:30	80	79	86
14:00	90	85	92	23:45	80	78	92
14:15	77	89	82	00:00	80	90	95
14:30	88	85	82	00:15	78	88	94
14:45	83	82	83	00:30	76	87	91
15:00	80	81	84	00:45	78	89	82
15:15	83	80	90	01:00	86	85	84
15:30	85	83	92	01:15	88	85	76
15:45	88	80	88	01:30	88	86	83
16:00	86	83	91	01:45	89	81	84
16:15	86	78	81	02:00	89	85	82
16:30	82	78	85	02:15	80	86	80
16:45	88	82	86	02:30	81	81	76
17:00	86	84	86	02:45	81	73	78
17:15	81	81	86	03:00	81	79	82
17:30	85	78	87	03:15	78	78	79
17:45	84	88	92	03:30	80	84	77
18:00	80	88	95	03:45	77	81	78
18:15	78	92	97	04:00	80	76	80
18:30	82	93	98	04:15	77	76	82
18:45	80	95	91	04:30	77	80	85
19:00	88	88	87	04:45	80	85	71
19:15	99	84	93	05:00	79	81	75
19:30	97	82	91	05:15	78	76	75
19:45	96	80	89	05:30	82	74	76
20:00	93	82	85	05:45	82	79	76
20:15	91	83	95	06:00	87	82	84
20:30	85	82	93				

Tabelle B-53: Kuh Nr. 97, Gruppe B3: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	13.08.11	14.08.11	15.08.11	Uhrzeit	13.08.11	14.08.11	15.08.11
11:00	72	80	89	20:45	85	84	84
11:15	73	80	91	21:00	83	84	79
11:30	74	78	85	21:15	84	94	79
11:45	81	78	81	21:30	88	89	73
12:00	92	76	85	21:45	101	88	72
12:15	98	74	90	22:00	94	88	72
12:30	94	75	85	22:15	92	93	82
12:45	95	76	79	22:30	87	84	84
13:00	94	78	83	22:45	81	82	77
13:15	85	87	80	23:00	86	81	69
13:30	79	95	76	23:15	92	82	75
13:45	78	95	76	23:30	90	77	75
14:00	78	88	77	23:45	85	91	74
14:15	74	89	84	00:00	78	88	69
14:30	76	85	84	00:15	75	84	67
14:45	77	83	82	00:30	72	86	67
15:00	77	82	79	00:45	73	80	80
15:15	76	85	78	01:00	77	72	76
15:30	75	87	81	01:15	76	75	80
15:45	76	88	81	01:30	75	79	74
16:00	93	93	81	01:45	82	77	68
16:15	93	92	84	02:00	87	75	69
16:30	86	89	82	02:15	82	73	70
16:45	87	89	81	02:30	80	73	71
17:00	94	99	80	02:45	79	73	66
17:15	98	97	90	03:00	74	76	73
17:30	98	90	91	03:15	73	81	62
17:45	93	85	92	03:30	72	86	63
18:00	90	86	92	03:45	73	84	63
18:15	91	84	91	04:00	78	81	68
18:30	94	88	88	04:15	78	79	68
18:45	96	97	89	04:30	80	76	66
19:00	94	101	94	04:45	81	75	77
19:15	95	102	93	05:00	76	79	73
19:30	97	98	88	05:15	75	67	72
19:45	89	99	87	05:30	73	65	72
20:00	87	93	84	05:45	76	69	62
20:15	89	86	80	06:00	86	70	62
20:30	85	87	86				

Tabelle B-54: Kuh Nr. 106, Gruppe B3: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	31.08.11	01.09.11	02.09.11	Uhrzeit	31.08.11	01.09.11	02.09.11
11:00	66	62	69	20:45	70	59	71
11:15	65	61	73	21:00	65	58	74
11:30	62	61	70	21:15	65	59	72
11:45	64	60	76	21:30	71	61	70
12:00	65	64	74	21:45	65	65	71
12:15	66	62	72	22:00	64	69	72
12:30	67	69	70	22:15	64	68	72
12:45	76	77	71	22:30	64	68	77
13:00	73	64	77	22:45	64	65	74
13:15	69	59	80	23:00	64	70	74
13:30	66	60	77	23:15	62	66	73
13:45	66	60	75	23:30	68	73	75
14:00	65	65	74	23:45	67	68	78
14:15	59	66	77	00:00	67	70	75
14:30	60	68	70	00:15	68	68	75
14:45	59	67	70	00:30	64	70	71
15:00	60	62	73	00:45	65	70	72
15:15	61	59	74	01:00	67	69	69
15:30	61	62	74	01:15	67	70	67
15:45	63	62	73	01:30	66	69	66
16:00	61	70	72	01:45	63	66	73
16:15	59	74	78	02:00	64	66	73
16:30	60	74	81	02:15	64	67	72
16:45	66	62	83	02:30	64	72	74
17:00	62	67	78	02:45	63	69	76
17:15	65	69	73	03:00	61	63	76
17:30	72	70	85	03:15	59	62	71
17:45	68	68	81	03:30	60	61	71
18:00	68	64	81	03:45	61	64	68
18:15	68	64	78	04:00	61	59	69
18:30	67	64	77	04:15	74	59	71
18:45	66	64	78	04:30	67	62	68
19:00	75	60	84	04:45	68	62	77
19:15	67	61	81	05:00	63	66	72
19:30	67	64	81	05:15	58	62	75
19:45	71	63	75	05:30	62	64	75
20:00	69	64	75	05:45	67	63	80
20:15	68	64	75	06:00	66	70	77
20:30	69	64	74				

Tabelle B-55: Kuh Nr. 6, Gruppe B4: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	23.05.11	24.05.11	25.05.11	Uhrzeit	23.05.11	24.05.11	25.05.11
11:00	84	89	90	20:45	89	100	101
11:15	84	89	90	21:00	86	99	94
11:30	83	90	91	21:15	100	95	100
11:45	85	89	89	21:30	108	102	96
12:00	84	96	96	21:45	104	102	93
12:15	99	107	87	22:00	110	95	95
12:30	99	109	84	22:15	109	93	95
12:45	99	103	86	22:30	99	90	91
13:00	102	102	85	22:45	96	100	91
13:15	100	105	82	23:00	108	103	93
13:30	102	95	82	23:15	107	97	93
13:45	98	93	81	23:30	101	101	96
14:00	100	96	85	23:45	102	92	88
14:15	94	96	99	00:00	103	91	90
14:30	93	93	101	00:15	108	94	83
14:45	90	96	100	00:30	110	92	83
15:00	90	96	90	00:45	102	90	87
15:15	97	95	92	01:00	100	90	85
15:30	100	89	95	01:15	100	89	81
15:45	93	89	92	01:30	92	87	80
16:00	96	93	90	01:45	91	89	82
16:15	92	92	87	02:00	90	90	99
16:30	92	93	89	02:15	86	101	96
16:45	90	87	87	02:30	87	93	92
17:00	95	89	86	02:45	85	88	91
17:15	97	93	89	03:00	84	88	89
17:30	101	96	94	03:15	84	88	96
17:45	95	97	96	03:30	88	86	96
18:00	102	100	94	03:45	91	85	93
18:15	90	97	84	04:00	90	96	85
18:30	90	92	85	04:15	88	88	84
18:45	90	95	84	04:30	92	80	85
19:00	87	94	83	04:45	91	80	87
19:15	86	87	82	05:00	90	82	82
19:30	88	86	80	05:15	85	82	83
19:45	101	87	86	05:30	84	79	84
20:00	92	106	98	05:45	81	77	80
20:15	88	104	103	06:00	88	87	80
20:30	92	103	107				

Tabelle B-56: Kuh Nr. 16, Gruppe B4: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	18.06.11	19.06.11	20.06.11	Uhrzeit	18.06.11	19.06.11	20.06.11
11:00	90	83	82	20:45	88	90	88
11:15	84	82	82	21:00	84	82	86
11:30	85	92	81	21:15	84	85	84
11:45	82	92	90	21:30	82	83	83
12:00	81	91	93	21:45	82	83	82
12:15	79	83	91	22:00	82	82	99
12:30	88	85	93	22:15	84	84	92
12:45	87	83	90	22:30	79	98	92
13:00	83	83	93	22:45	81	94	92
13:15	80	84	88	23:00	94	85	93
13:30	76	83	87	23:15	87	84	83
13:45	77	84	93	23:30	84	94	82
14:00	76	93	89	23:45	82	93	79
14:15	78	89	88	00:00	81	95	79
14:30	80	88	84	00:15	82	93	81
14:45	76	81	82	00:30	79	89	80
15:00	83	83	87	00:45	79	91	93
15:15	85	82	90	01:00	82	86	87
15:30	84	92	91	01:15	78	84	89
15:45	80	89	83	01:30	77	85	89
16:00	79	81	80	01:45	77	85	87
16:15	80	79	82	02:00	90	93	90
16:30	81	86	82	02:15	90	89	85
16:45	83	86	82	02:30	76	83	83
17:00	81	86	89	02:45	85	81	82
17:15	81	89	91	03:00	80	78	81
17:30	85	91	81	03:15	74	79	91
17:45	79	84	82	03:30	74	79	88
18:00	80	87	86	03:45	75	88	72
18:15	79	82	86	04:00	76	93	78
18:30	80	82	91	04:15	78	88	75
18:45	89	81	90	04:30	80	86	83
19:00	88	85	89	04:45	83	82	73
19:15	86	90	92	05:00	81	81	82
19:30	86	90	85	05:15	84	80	83
19:45	84	93	86	05:30	85	86	77
20:00	85	92	88	05:45	84	84	80
20:15	84	91	84	06:00	79	88	81
20:30	83	93	86				

Tabelle B-57: Kuh Nr. 27, Gruppe B4: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	13.08.11	14.08.11	15.08.11	Uhrzeit	13.08.11	14.08.11	15.08.11
11:00	71	79	66	20:45	83	80	73
11:15	70	75	67	21:00	85	76	78
11:30	72	73	66	21:15	85	75	73
11:45	72	73	65	21:30	87	78	66
12:00	71	72	73	21:45	77	80	68
12:15	68	69	76	22:00	76	80	66
12:30	66	67	78	22:15	74	73	66
12:45	70	67	77	22:30	74	73	67
13:00	71	71	77	22:45	87	79	68
13:15	72	73	69	23:00	81	76	71
13:30	67	68	69	23:15	83	75	75
13:45	66	66	70	23:30	81	76	73
14:00	67	64	72	23:45	81	77	77
14:15	66	66	69	00:00	79	79	77
14:30	72	69	66	00:15	78	77	72
14:45	70	73	69	00:30	79	80	77
15:00	70	68	74	00:45	72	75	71
15:15	70	72	69	01:00	71	74	69
15:30	69	71	71	01:15	71	72	64
15:45	72	71	67	01:30	77	76	63
16:00	77	75	68	01:45	75	75	63
16:15	76	74	71	02:00	74	71	64
16:30	72	67	74	02:15	74	72	65
16:45	71	71	74	02:30	74	72	66
17:00	74	74	87	02:45	73	67	73
17:15	75	75	84	03:00	73	69	66
17:30	75	77	85	03:15	70	68	66
17:45	74	71	84	03:30	71	70	66
18:00	75	74	84	03:45	68	69	68
18:15	76	72	83	04:00	72	74	67
18:30	76	73	83	04:15	70	70	65
18:45	74	68	80	04:30	78	71	66
19:00	77	65	81	04:45	74	73	76
19:15	76	68	77	05:00	71	68	65
19:30	76	71	76	05:15	78	69	67
19:45	79	80	79	05:30	79	68	70
20:00	78	81	75	05:45	82	72	80
20:15	82	80	75	06:00	82	76	77
20:30	86	77	75				

Tabelle B-58: Kuh Nr. 42, Gruppe B4: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	07.10.11	08.10.11	09.10.11	Uhrzeit	07.10.11	08.10.11	09.10.11
11:00	73	68	77	20:45	81	81	73
11:15	65	67	73	21:00	83	80	75
11:30	59	66	68	21:15	80	79	74
11:45	61	69	68	21:30	79	78	75
12:00	62	78	70	21:45	74	74	71
12:15	66	74	69	22:00	75	76	69
12:30	66	74	67	22:15	74	77	68
12:45	66	74	66	22:30	75	77	68
13:00	64	74	64	22:45	71	72	67
13:15	63	71	66	23:00	73	72	65
13:30	59	71	64	23:15	81	74	73
13:45	65	71	64	23:30	76	75	72
14:00	59	67	67	23:45	78	73	74
14:15	59	67	68	00:00	78	71	74
14:30	62	66	81	00:15	73	77	71
14:45	61	66	67	00:30	70	78	65
15:00	61	66	66	00:45	70	73	64
15:15	71	72	70	01:00	73	71	65
15:30	67	75	69	01:15	73	73	68
15:45	63	65	67	01:30	79	73	68
16:00	62	67	71	01:45	71	67	67
16:15	63	68	78	02:00	65	66	68
16:30	70	79	79	02:15	67	64	76
16:45	73	82	80	02:30	64	64	69
17:00	75	85	80	02:45	69	68	63
17:15	78	78	81	03:00	71	69	62
17:30	80	85	75	03:15	78	73	62
17:45	78	87	72	03:30	72	67	65
18:00	80	85	75	03:45	67	65	57
18:15	81	85	79	04:00	68	67	59
18:30	84	87	72	04:15	66	65	63
18:45	77	80	70	04:30	71	72	62
19:00	80	85	70	04:45	67	65	66
19:15	82	78	77	05:00	68	65	60
19:30	83	77	80	05:15	67	68	62
19:45	76	82	81	05:30	72	73	69
20:00	71	85	80	05:45	77	79	68
20:15	74	84	77	06:00	75	80	68
20:30	84	85	77				

Tabelle B-59: Kuh Nr. 53, Gruppe B4: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	18.11.11	19.11.11	20.11.11	Uhrzeit	18.11.11	19.11.11	20.11.11
11:00	90	92	78	20:45	93	83	92
11:15	88	88	81	21:00	96	81	93
11:30	92	92	90	21:15	96	81	87
11:45	89	100	89	21:30	90	85	91
12:00	84	94	87	21:45	94	88	91
12:15	82	93	91	22:00	94	89	97
12:30	86	92	82	22:15	92	90	92
12:45	87	87	88	22:30	88	89	92
13:00	84	90	87	22:45	92	90	94
13:15	84	85	86	23:00	94	91	90
13:30	83	93	90	23:15	95	88	91
13:45	82	90	82	23:30	90	89	90
14:00	85	84	86	23:45	92	84	86
14:15	95	89	90	00:00	90	88	91
14:30	91	90	92	00:15	93	91	88
14:45	89	92	89	00:30	94	87	91
15:00	86	88	88	00:45	93	83	90
15:15	82	91	94	01:00	93	85	88
15:30	98	89	89	01:15	81	86	91
15:45	89	89	88	01:30	110	90	90
16:00	85	89	84	01:45	90	86	85
16:15	88	87	86	02:00	92	84	91
16:30	92	88	88	02:15	85	79	91
16:45	91	88	88	02:30	86	85	91
17:00	90	87	89	02:45	89	85	91
17:15	89	84	89	03:00	91	87	86
17:30	154	87	92	03:15	92	87	90
17:45	145	88	87	03:30	87	83	85
18:00	95	91	88	03:45	91	84	85
18:15	125	85	92	04:00	85	85	82
18:30	100	84	90	04:15	87	85	84
18:45	89	93	98	04:30	93	77	86
19:00	88	87	95	04:45	90	88	85
19:15	93	90	91	05:00	90	84	80
19:30	94	98	90	05:15	88	82	81
19:45	95	92	93	05:30	92	84	84
20:00	93	86	94	05:45	88	84	84
20:15	99	90	90	06:00	88	86	84
20:30	92	87	86				

Tabelle B-60: Kuh Nr. 62, Gruppe B4: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	18.12.11	20.12.11	21.12.11	Uhrzeit	18.12.11	20.12.11	21.12.11
11:00	88	85	92	20:45	87	81	100
11:15	88	84	83	21:00	85	85	98
11:30	94	75	81	21:15	85	92	96
11:45	91	73	77	21:30	88	91	93
12:00	87	76	76	21:45	95	93	94
12:15	79	75	81	22:00	94	87	98
12:30	79	75	83	22:15	91	85	99
12:45	76	72	82	22:30	91	81	92
13:00	78	73	83	22:45	81	80	90
13:15	77	77	81	23:00	80	78	87
13:30	76	89	92	23:15	83	75	88
13:45	78	89	96	23:30	83	79	88
14:00	90	87	97	23:45	83	77	82
14:15	88	83	96	00:00	79	80	86
14:30	93	81	87	00:15	83	90	93
14:45	94	76	95	00:30	83	81	86
15:00	86	78	94	00:45	78	85	93
15:15	84	86	93	01:00	80	84	93
15:30	88	83	86	01:15	75	84	89
15:45	89	79	87	01:30	75	81	85
16:00	87	76	88	01:45	74	77	81
16:15	86	81	88	02:00	75	77	79
16:30	84	89	93	02:15	76	75	86
16:45	90	90	105	02:30	77	77	83
17:00	93	86	108	02:45	80	78	87
17:15	101	87	107	03:00	79	83	78
17:30	99	81	104	03:15	79	79	78
17:45	95	81	103	03:30	73	84	84
18:00	90	87	100	03:45	73	87	82
18:15	88	87	98	04:00	71	79	78
18:30	85	92	98	04:15	71	74	75
18:45	86	92	94	04:30	73	74	78
19:00	94	83	96	04:45	78	76	82
19:15	99	83	100	05:00	76	72	78
19:30	90	83	104	05:15	74	75	80
19:45	82	82	104	05:30	77	82	80
20:00	81	83	92	05:45	82	91	88
20:15	84	86	92	06:00	81	89	87
20:30	86	84	94				

Tabelle B-61: Kuh Nr. 72, Gruppe B4: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	23.05.11	24.05.11	25.05.11	Uhrzeit	23.05.11	24.05.11	25.05.11
11:00	95	86	85	20:45	89	90	88
11:15	92	89	80	21:00	92	104	94
11:30	84	98	78	21:15	104	108	95
11:45	81	94	77	21:30	101	103	100
12:00	92	91	76	21:45	101	100	96
12:15	97	86	78	22:00	103	97	89
12:30	96	96	87	22:15	98	96	92
12:45	91	97	89	22:30	92	89	87
13:00	84	99	90	22:45	92	95	94
13:15	83	96	89	23:00	91	101	90
13:30	83	98	81	23:15	95	99	84
13:45	82	87	83	23:30	93	96	89
14:00	84	87	89	23:45	101	89	85
14:15	82	84	94	00:00	100	85	83
14:30	81	86	93	00:15	93	86	93
14:45	85	87	91	00:30	91	93	94
15:00	102	94	85	00:45	90	95	94
15:15	93	99	87	01:00	86	97	93
15:30	94	99	85	01:15	85	91	89
15:45	94	98	86	01:30	81	90	90
16:00	94	92	90	01:45	84	90	89
16:15	95	89	97	02:00	87	91	88
16:30	97	90	95	02:15	99	98	88
16:45	93	88	96	02:30	95	94	94
17:00	95	88	91	02:45	93	92	92
17:15	96	96	93	03:00	90	92	88
17:30	99	96	92	03:15	87	83	79
17:45	98	97	96	03:30	91	88	84
18:00	90	89	83	03:45	91	86	85
18:15	88	84	82	04:00	86	83	93
18:30	96	81	82	04:15	85	85	94
18:45	104	94	82	04:30	89	87	90
19:00	104	97	97	04:45	87	88	80
19:15	95	101	102	05:00	85	89	82
19:30	91	96	92	05:15	90	92	82
19:45	98	86	95	05:30	90	91	88
20:00	104	90	92	05:45	90	86	96
20:15	103	94	85	06:00	90	84	92
20:30	88	90	89				

Tabelle B-62: Kuh Nr. 88, Gruppe B4: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	18.12.11	20.12.11	21.12.11	Uhrzeit	18.12.11	20.12.11	21.12.11
11:00	76	81	95	20:45	92	79	89
11:15	81	83	94	21:00	95	81	88
11:30	80	88	89	21:15	94	78	98
11:45	92	86	88	21:30	82	85	98
12:00	88	81	89	21:45	81	89	100
12:15	91	85	93	22:00	81	91	94
12:30	90	81	97	22:15	81	90	89
12:45	85	87	83	22:30	77	94	87
13:00	87	94	83	22:45	83	88	86
13:15	80	91	86	23:00	82	85	91
13:30	88	79	84	23:15	82	80	94
13:45	86	80	85	23:30	88	80	91
14:00	80	89	88	23:45	93	79	97
14:15	84	88	87	00:00	93	96	92
14:30	87	88	85	00:15	94	91	88
14:45	87	84	84	00:30	93	82	92
15:00	89	80	97	00:45	88	83	91
15:15	79	83	101	01:00	83	89	86
15:30	87	78	102	01:15	88	92	83
15:45	91	85	99	01:30	80	87	87
16:00	85	81	98	01:45	78	80	82
16:15	82	83	96	02:00	77	87	83
16:30	84	86	97	02:15	78	87	90
16:45	83	90	92	02:30	87	84	96
17:00	89	90	99	02:45	84	78	91
17:15	91	86	101	03:00	79	82	89
17:30	92	83	102	03:15	81	83	81
17:45	98	88	105	03:30	81	79	82
18:00	92	88	101	03:45	80	79	76
18:15	85	90	107	04:00	82	83	78
18:30	86	83	104	04:15	86	77	82
18:45	87	83	97	04:30	78	77	79
19:00	88	89	99	04:45	85	84	84
19:15	87	84	106	05:00	77	81	93
19:30	87	87	91	05:15	80	81	83
19:45	87	87	89	05:30	80	83	83
20:00	92	86	90	05:45	86	92	86
20:15	98	82	89	06:00	91	90	91
20:30	98	80	90				

Tabelle B-63: Kuh Nr. 98, Gruppe B4: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	31.08.11	02.09.11	03.09.11	Uhrzeit	31.08.11	02.09.11	03.09.11
11:00	68	79	97	20:45	72	80	85
11:15	66	94	89	21:00	71	75	83
11:30	72	93	86	21:15	70	77	81
11:45	71	95	85	21:30	68	73	79
12:00	83	92	93	21:45	70	73	76
12:15	81	97	90	22:00	72	84	78
12:30	83	92	80	22:15	72	85	81
12:45	82	86	77	22:30	67	87	78
13:00	77	82	86	22:45	66	80	76
13:15	73	83	87	23:00	68	75	89
13:30	72	81	84	23:15	67	76	87
13:45	70	82	83	23:30	67	76	91
14:00	73	90	84	23:45	64	73	93
14:15	79	97	83	00:00	64	72	82
14:30	76	92	82	00:15	66	72	79
14:45	72	86	82	00:30	66	78	76
15:00	65	83	89	00:45	75	70	72
15:15	66	88	89	01:00	75	80	74
15:30	71	91	82	01:15	76	80	76
15:45	73	85	86	01:30	70	76	79
16:00	76	84	83	01:45	64	75	76
16:15	72	86	84	02:00	68	69	69
16:30	75	92	90	02:15	68	65	69
16:45	85	90	93	02:30	67	68	71
17:00	81	95	94	02:45	66	69	65
17:15	79	97	99	03:00	65	71	65
17:30	83	96	99	03:15	66	72	72
17:45	81	93	88	03:30	69	67	72
18:00	76	95	79	03:45	64	62	71
18:15	71	86	87	04:00	64	63	74
18:30	69	85	94	04:15	64	62	68
18:45	67	86	88	04:30	64	68	63
19:00	66	88	83	04:45	81	78	80
19:15	81	100	82	05:00	72	72	75
19:30	81	100	87	05:15	75	70	73
19:45	84	94	97	05:30	76	77	75
20:00	89	84	95	05:45	87	88	81
20:15	81	88	97	06:00	84	88	80
20:30	80	86	94				

Tabelle B-64: Kuh Nr. 107, Gruppe B4: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	11.09.11	12.09.11	13.09.11	Uhrzeit	11.09.11	12.09.11	13.09.11
11:00	74	70	71	20:45	82	72	71
11:15	74	74	75	21:00	84	71	73
11:30	74	76	75	21:15	81	75	79
11:45	71	76	69	21:30	83	77	73
12:00	78	77	70	21:45	90	78	73
12:15	81	79	75	22:00	91	72	73
12:30	75	76	78	22:15	86	70	72
12:45	76	75	78	22:30	81	70	72
13:00	75	72	78	22:45	79	71	71
13:15	72	69	73	23:00	77	66	69
13:30	74	69	71	23:15	75	67	69
13:45	74	68	72	23:30	79	67	68
14:00	75	79	72	23:45	83	67	69
14:15	75	74	70	00:00	81	68	77
14:30	74	71	73	00:15	77	69	74
14:45	71	73	85	00:30	81	66	74
15:00	68	72	78	00:45	77	66	74
15:15	69	70	76	01:00	76	66	77
15:30	71	72	80	01:15	78	70	74
15:45	69	80	77	01:30	81	67	71
16:00	73	77	72	01:45	84	68	70
16:15	72	74	71	02:00	84	67	71
16:30	76	73	75	02:15	74	65	71
16:45	74	80	78	02:30	74	65	76
17:00	76	84	76	02:45	74	62	70
17:15	74	85	76	03:00	72	66	69
17:30	81	85	76	03:15	71	64	67
17:45	83	80	70	03:30	76	61	66
18:00	80	77	71	03:45	86	60	64
18:15	83	75	70	04:00	72	59	66
18:30	80	77	67	04:15	71	62	66
18:45	76	77	65	04:30	72	78	66
19:00	73	75	68	04:45	74	71	70
19:15	74	74	70	05:00	78	67	69
19:30	78	73	70	05:15	72	62	65
19:45	84	68	69	05:30	71	64	66
20:00	81	67	69	05:45	72	65	68
20:15	79	65	69	06:00	83	71	73
20:30	81	75	70				

Tabelle B-65: Kuh Nr. 7, Gruppe B5: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	03.06.11	04.06.11	05.06.11	Uhrzeit	03.06.11	04.06.11	05.06.11
11:00	83	102	90	20:45	96	98	116
11:15	88	94	89	21:00	102	96	113
11:30	90	96	84	21:15	101	93	110
11:45	102	98	83	21:30	90	91	111
12:00	95	92	86	21:45	89	95	112
12:15	88	90	89	22:00	87	91	108
12:30	86	99	90	22:15	90	87	100
12:45	82	97	99	22:30	90	90	101
13:00	85	96	121	22:45	89	86	98
13:15	81	94	119	23:00	87	84	95
13:30	103	92	118	23:15	83	87	95
13:45	92	90	113	23:30	84	84	100
14:00	93	88	116	23:45	84	83	101
14:15	96	86	128	00:00	90	92	103
14:30	93	94	132	00:15	87	90	94
14:45	88	83	107	00:30	89	91	92
15:00	88	83	93	00:45	83	83	92
15:15	89	86	84	01:00	83	80	85
15:30	84	88	85	01:15	82	79	82
15:45	87	97	103	01:30	89	81	86
16:00	96	88	124	01:45	93	102	87
16:15	89	88	134	02:00	90	99	82
16:30	91	91	124	02:15	87	95	84
16:45	92	92	107	02:30	85	91	90
17:00	93	91	107	02:45	83	92	113
17:15	91	98	115	03:00	80	91	107
17:30	92	103	114	03:15	79	84	99
17:45	86	100	118	03:30	83	81	92
18:00	82	89	117	03:45	85	84	92
18:15	83	94	98	04:00	99	83	89
18:30	83	93	91	04:15	94	80	89
18:45	97	92	89	04:30	87	80	88
19:00	99	89	85	04:45	87	82	84
19:15	101	90	93	05:00	85	81	88
19:30	96	103	82	05:15	82	84	90
19:45	88	96	84	05:30	83	85	85
20:00	87	97	83	05:45	85	84	87
20:15	92	93	87	06:00	85	84	84
20:30	90	92	114				

Tabelle B-66: Kuh Nr. 17, Gruppe B5: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	04.07.11	06.07.11	07.07.11	Uhrzeit	04.07.11	06.07.11	07.07.11
11:00	90	98	86	20:45	81	87	96
11:15	85	92	92	21:00	81	85	96
11:30	93	98	95	21:15	81	85	99
11:45	96	93	94	21:30	80	85	87
12:00	94	89	90	21:45	89	100	85
12:15	87	98	90	22:00	86	91	86
12:30	85	92	92	22:15	82	97	84
12:45	82	91	90	22:30	80	95	83
13:00	82	86	85	22:45	79	93	80
13:15	82	85	83	23:00	76	87	85
13:30	81	83	84	23:15	77	91	99
13:45	81	83	95	23:30	78	84	98
14:00	77	84	93	23:45	80	86	97
14:15	76	98	92	00:00	88	97	90
14:30	78	84	87	00:15	87	98	91
14:45	79	87	91	00:30	91	95	87
15:00	78	84	85	00:45	91	86	81
15:15	86	88	83	01:00	93	82	79
15:30	88	89	94	01:15	86	80	85
15:45	88	102	92	01:30	86	83	90
16:00	89	99	86	01:45	83	81	89
16:15	82	102	88	02:00	81	79	89
16:30	85	98	89	02:15	82	90	82
16:45	87	97	84	02:30	82	99	88
17:00	89	99	87	02:45	97	80	89
17:15	90	101	91	03:00	81	83	93
17:30	95	88	95	03:15	77	83	84
17:45	85	86	96	03:30	78	82	83
18:00	84	86	95	03:45	80	85	83
18:15	81	86	92	04:00	79	92	87
18:30	86	82	96	04:15	94	83	84
18:45	89	94	87	04:30	82	77	82
19:00	86	96	82	04:45	84	83	79
19:15	87	101	83	05:00	82	77	83
19:30	89	99	81	05:15	79	74	75
19:45	86	99	80	05:30	80	74	76
20:00	82	98	92	05:45	78	72	78
20:15	81	85	97	06:00	87	72	88
20:30	79	84	98				

Tabelle B-67: Kuh Nr. 28, Gruppe B5: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	31.08.11	01.09.11	02.09.11	Uhrzeit	31.08.11	01.09.11	02.09.11
11:00	81	71	65	20:45	71	60	73
11:15	74	69	65	21:00	70	58	74
11:30	71	67	65	21:15	68	60	77
11:45	75	68	64	21:30	67	60	70
12:00	69	69	62	21:45	68	63	69
12:15	68	69	61	22:00	69	66	67
12:30	67	65	68	22:15	70	66	71
12:45	70	64	67	22:30	68	67	72
13:00	62	65	70	22:45	66	67	66
13:15	62	65	70	23:00	67	66	67
13:30	64	64	65	23:15	68	69	68
13:45	65	73	65	23:30	65	68	68
14:00	65	75	63	23:45	66	65	70
14:15	74	74	60	00:00	62	66	72
14:30	74	74	60	00:15	61	65	69
14:45	72	72	57	00:30	62	64	68
15:00	71	71	60	00:45	61	58	67
15:15	70	67	68	01:00	61	60	69
15:30	69	64	71	01:15	61	61	70
15:45	70	65	62	01:30	62	60	71
16:00	70	69	64	01:45	63	59	72
16:15	70	69	68	02:00	64	60	62
16:30	73	71	72	02:15	62	59	65
16:45	77	71	71	02:30	62	63	64
17:00	75	70	75	02:45	64	61	65
17:15	80	72	76	03:00	66	63	72
17:30	77	74	82	03:15	61	62	65
17:45	72	69	76	03:30	59	61	66
18:00	72	68	77	03:45	58	60	66
18:15	68	69	74	04:00	59	61	66
18:30	66	68	74	04:15	59	59	70
18:45	69	68	74	04:30	57	61	66
19:00	69	68	71	04:45	66	70	72
19:15	77	74	69	05:00	63	71	64
19:30	72	67	66	05:15	57	61	68
19:45	73	66	66	05:30	60	65	71
20:00	72	66	73	05:45	70	64	79
20:15	73	65	72	06:00	70	111	74
20:30	72	60	72				

Tabelle B-68: Kuh Nr. 44, Gruppe B5: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	04.11.11	05.11.11	06.11.11	Uhrzeit	04.11.11	05.11.11	06.11.11
11:00	84	87	87	20:45	89	89	88
11:15	81	86	86	21:00	88	84	87
11:30	76	79	88	21:15	84	82	89
11:45	76	79	89	21:30	80	86	85
12:00	76	78	90	21:45	81	89	86
12:15	83	79	92	22:00	83	80	88
12:30	84	80	93	22:15	82	79	87
12:45	82	84	89	22:30	79	80	81
13:00	80	84	85	22:45	80	81	81
13:15	80	82	88	23:00	87	83	80
13:30	83	82	86	23:15	82	87	78
13:45	87	81	89	23:30	79	84	79
14:00	88	79	82	23:45	80	85	80
14:15	84	77	87	00:00	81	85	81
14:30	88	76	88	00:15	79	88	84
14:45	91	79	89	00:30	86	84	87
15:00	91	84	88	00:45	88	81	87
15:15	87	78	85	01:00	88	84	87
15:30	80	77	83	01:15	83	83	86
15:45	85	78	81	01:30	85	82	79
16:00	86	79	83	01:45	86	83	75
16:15	87	80	81	02:00	83	86	75
16:30	88	77	89	02:15	81	81	74
16:45	88	77	88	02:30	85	80	77
17:00	84	82	86	02:45	76	79	81
17:15	82	85	91	03:00	80	82	82
17:30	83	86	89	03:15	80	79	82
17:45	86	86	84	03:30	80	76	81
18:00	82	88	82	03:45	84	76	81
18:15	90	88	86	04:00	80	78	79
18:30	87	88	86	04:15	77	81	80
18:45	86	86	89	04:30	78	81	80
19:00	87	82	88	04:45	78	82	82
19:15	81	79	89	05:00	80	83	81
19:30	82	82	89	05:15	81	80	80
19:45	84	82	83	05:30	80	81	80
20:00	85	85	83	05:45	78	81	85
20:15	84	84	84	06:00	75	81	91
20:30	87	86	86				

Tabelle B-69: Kuh Nr. 54, Gruppe B5: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	04.12.11	05.12.11	06.12.11	Uhrzeit	04.12.11	05.12.11	06.12.11
11:00	81	78	84	20:45	89	101	98
11:15	82	82	82	21:00	90	114	98
11:30	83	85	86	21:15	87	85	97
11:45	85	87	97	21:30	92	93	95
12:00	92	89	92	21:45	87	83	100
12:15	92	90	89	22:00	79	86	93
12:30	89	85	92	22:15	84	83	93
12:45	89	88	89	22:30	83	90	90
13:00	90	87	87	22:45	88	92	86
13:15	92	86	90	23:00	89	93	87
13:30	91	82	81	23:15	85	93	88
13:45	87	83	79	23:30	84	90	91
14:00	93	87	81	23:45	85	94	90
14:15	90	82	89	00:00	88	89	87
14:30	88	86	90	00:15	85	89	86
14:45	88	86	86	00:30	84	88	86
15:00	85	88	92	00:45	130	81	89
15:15	87	82	93	01:00	106	85	84
15:30	87	96	88	01:15	107	130	86
15:45	86	83	89	01:30	88	89	84
16:00	93	85	96	01:45	84	87	85
16:15	87	86	90	02:00	77	108	87
16:30	86	85	89	02:15	88	95	84
16:45	90	84	88	02:30	85	81	83
17:00	86	90	94	02:45	87	90	81
17:15	90	91	93	03:00	82	85	78
17:30	88	80	90	03:15	87	76	82
17:45	90	82	90	03:30	87	85	80
18:00	92	92	93	03:45	81	88	85
18:15	89	92	93	04:00	76	90	86
18:30	88	94	94	04:15	80	84	85
18:45	88	90	93	04:30	82	86	80
19:00	90	84	89	04:45	86	85	80
19:15	90	90	97	05:00	85	87	80
19:30	81	94	94	05:15	82	90	78
19:45	90	91	96	05:30	78	111	77
20:00	90	96	88	05:45	84	88	78
20:15	91	95	89	06:00	85	90	86
20:30	88	94	94				

Tabelle B-70: Kuh Nr. 63, Gruppe B5: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	03.01.12	04.01.12	05.01.12	Uhrzeit	03.01.12	04.01.12	05.01.12
11:00	89	89	81	20:45	97	89	86
11:15	82	92	78	21:00	95	91	90
11:30	83	84	87	21:15	93	93	89
11:45	79	80	98	21:30	90	101	90
12:00	77	78	90	21:45	89	94	99
12:15	76	77	89	22:00	87	89	99
12:30	75	72	84	22:15	90	96	98
12:45	82	77	82	22:30	86	99	98
13:00	82	78	92	22:45	91	87	104
13:15	91	86	98	23:00	92	90	97
13:30	91	85	91	23:15	92	90	90
13:45	88	86	84	23:30	97	91	88
14:00	94	86	81	23:45	97	93	85
14:15	99	86	81	00:00	90	86	84
14:30	97	78	79	00:15	87	83	93
14:45	90	87	80	00:30	94	84	88
15:00	87	91	82	00:45	96	80	86
15:15	88	91	79	01:00	87	77	83
15:30	84	86	97	01:15	86	81	86
15:45	92	91	98	01:30	84	80	83
16:00	89	87	85	01:45	82	80	77
16:15	94	88	91	02:00	81	84	81
16:30	103	94	96	02:15	84	81	83
16:45	101	100	100	02:30	86	84	79
17:00	105	102	96	02:45	83	84	89
17:15	101	102	101	03:00	88	75	86
17:30	100	98	97	03:15	85	74	83
17:45	103	93	93	03:30	80	77	81
18:00	98	99	87	03:45	83	78	78
18:15	91	101	93	04:00	84	77	75
18:30	90	107	92	04:15	82	78	72
18:45	88	97	101	04:30	82	81	74
19:00	85	94	100	04:45	81	83	80
19:15	87	95	97	05:00	80	76	74
19:30	91	95	93	05:15	80	81	75
19:45	96	94	92	05:30	88	83	82
20:00	98	100	89	05:45	92	91	86
20:15	101	95	87	06:00	89	90	80
20:30	100	90	88				

Tabelle B-71: Kuh Nr. 73, Gruppe B5: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	03.06.11	04.06.11	05.06.11	Uhrzeit	03.06.11	04.06.11	05.06.11
11:00	80	92	80	20:45	104	89	101
11:15	80	93	84	21:00	89	101	95
11:30	78	87	89	21:15	88	97	95
11:45	81	83	93	21:30	86	88	91
12:00	95	85	98	21:45	88	92	85
12:15	84	90	82	22:00	98	95	82
12:30	86	94	84	22:15	90	95	84
12:45	85	96	86	22:30	90	94	92
13:00	88	93	90	22:45	85	85	94
13:15	82	88	93	23:00	82	91	94
13:30	81	84	93	23:15	86	90	95
13:45	81	83	93	23:30	87	88	87
14:00	79	82	88	23:45	92	89	83
14:15	81	89	85	00:00	98	88	89
14:30	85	95	94	00:15	96	82	89
14:45	82	96	98	00:30	100	85	94
15:00	81	101	95	00:45	95	88	97
15:15	82	91	87	01:00	89	82	87
15:30	90	88	85	01:15	87	83	86
15:45	102	94	89	01:30	86	88	88
16:00	100	91	85	01:45	97	89	81
16:15	89	99	82	02:00	94	94	78
16:30	89	92	87	02:15	90	89	83
16:45	95	91	88	02:30	89	84	89
17:00	90	93	89	02:45	81	80	86
17:15	92	98	96	03:00	82	79	91
17:30	85	95	97	03:15	81	80	93
17:45	81	86	82	03:30	99	81	89
18:00	81	87	83	03:45	98	83	84
18:15	99	101	85	04:00	87	85	82
18:30	98	98	98	04:15	91	84	87
18:45	102	89	105	04:30	87	86	85
19:00	97	88	98	04:45	88	87	79
19:15	93	93	94	05:00	91	87	82
19:30	85	94	86	05:15	79	88	87
19:45	97	99	86	05:30	80	79	90
20:00	100	96	87	05:45	88	81	89
20:15	98	88	97	06:00	90	83	80
20:30	101	87	101				

Tabelle B-72: Kuh Nr. 89, Gruppe B5: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	03.01.12	04.01.12	05.01.12	Uhrzeit	03.01.12	04.01.12	05.01.12
11:00	80	77	78	20:45	85	80	81
11:15	78	76	78	21:00	86	85	91
11:30	80	81	84	21:15	87	92	94
11:45	79	92	85	21:30	81	95	94
12:00	76	92	82	21:45	86	90	92
12:15	84	94	88	22:00	96	81	90
12:30	90	93	94	22:15	96	90	85
12:45	92	88	91	22:30	89	91	85
13:00	84	90	96	22:45	81	88	83
13:15	76	85	89	23:00	80	83	84
13:30	77	80	88	23:15	89	82	92
13:45	81	78	86	23:30	87	82	99
14:00	79	84	83	23:45	80	81	97
14:15	83	88	83	00:00	84	79	80
14:30	87	93	81	00:15	83	79	89
14:45	87	98	81	00:30	76	81	93
15:00	83	98	83	00:45	79	79	87
15:15	85	90	86	01:00	81	88	88
15:30	84	87	95	01:15	82	89	87
15:45	82	88	94	01:30	87	89	83
16:00	80	85	81	01:45	79	85	80
16:15	81	85	81	02:00	83	77	81
16:30	82	86	87	02:15	79	78	86
16:45	82	85	88	02:30	79	77	88
17:00	85	91	88	02:45	83	78	85
17:15	87	97	94	03:00	80	76	87
17:30	89	94	96	03:15	82	78	84
17:45	85	91	88	03:30	74	80	89
18:00	82	96	91	03:45	73	82	88
18:15	89	91	88	04:00	74	82	91
18:30	87	88	88	04:15	77	85	91
18:45	81	86	79	04:30	75	81	87
19:00	80	90	82	04:45	78	80	85
19:15	81	95	81	05:00	74	76	84
19:30	79	94	79	05:15	75	75	81
19:45	80	101	81	05:30	82	74	82
20:00	83	85	82	05:45	90	75	93
20:15	91	84	83	06:00	86	80	89
20:30	91	83	80				

Tabelle B-73: Kuh Nr. 99, Gruppe B5: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	11.09.11	12.09.11	13.09.11	Uhrzeit	11.09.11	12.09.11	13.09.11
11:00	88	71	73	20:45	90	66	72
11:15	81	71	71	21:00	91	63	71
11:30	84	70	87	21:15	90	61	71
11:45	82	82	86	21:30	81	65	70
12:00	78	82	88	21:45	82	88	70
12:15	70	77	89	22:00	75	80	74
12:30	70	77	83	22:15	73	88	75
12:45	70	80	81	22:30	77	77	74
13:00	77	75	81	22:45	87	71	68
13:15	81	74	77	23:00	88	70	81
13:30	81	74	75	23:15	82	69	84
13:45	79	73	81	23:30	80	68	76
14:00	80	69	78	23:45	78	68	68
14:15	77	69	78	00:00	78	66	72
14:30	77	71	76	00:15	86	66	72
14:45	77	71	78	00:30	80	72	71
15:00	79	72	81	00:45	73	62	68
15:15	81	72	84	01:00	72	63	65
15:30	87	81	82	01:15	74	63	59
15:45	89	77	82	01:30	75	82	62
16:00	84	73	82	01:45	81	74	65
16:15	83	74	86	02:00	80	78	71
16:30	87	79	80	02:15	78	76	65
16:45	85	82	77	02:30	75	64	64
17:00	86	79	77	02:45	75	69	62
17:15	88	86	92	03:00	78	68	63
17:30	90	80	87	03:15	69	67	61
17:45	95	83	80	03:30	67	66	63
18:00	94	75	79	03:45	71	65	64
18:15	92	73	77	04:00	74	65	65
18:30	96	81	77	04:15	71	66	64
18:45	97	79	84	04:30	79	66	64
19:00	88	82	77	04:45	73	71	74
19:15	84	88	78	05:00	77	74	73
19:30	80	76	81	05:15	73	71	72
19:45	82	71	82	05:30	72	82	80
20:00	92	75	82	05:45	73	83	75
20:15	93	70	74	06:00	77	76	77
20:30	91	67	72				

Tabelle B-74: Kuh Nr. 108, Gruppe B5: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	24.09.11	25.09.11	26.09.11	Uhrzeit	24.09.11	25.09.11	26.09.11
11:00	76	78	68	20:45	77	73	82
11:15	74	78	72	21:00	79	80	80
11:30	76	72	75	21:15	82	78	84
11:45	79	73	73	21:30	77	78	79
12:00	79	73	76	21:45	77	80	79
12:15	77	73	79	22:00	76	77	76
12:30	77	76	77	22:15	76	79	79
12:45	75	82	73	22:30	81	78	82
13:00	77	82	75	22:45	79	77	80
13:15	78	81	76	23:00	77	90	81
13:30	78	83	74	23:15	77	73	78
13:45	75	78	77	23:30	77	85	74
14:00	74	73	80	23:45	80	82	73
14:15	76	77	81	00:00	79	78	76
14:30	76	77	80	00:15	77	76	77
14:45	75	75	75	00:30	74	72	77
15:00	74	74	75	00:45	72	73	79
15:15	74	77	76	01:00	74	77	81
15:30	76	77	73	01:15	73	77	80
15:45	74	71	75	01:30	73	69	72
16:00	74	71	73	01:45	71	73	77
16:15	76	71	73	02:00	76	75	78
16:30	80	69	80	02:15	73	74	74
16:45	82	78	81	02:30	71	68	71
17:00	77	77	74	02:45	70	71	74
17:15	79	76	73	03:00	73	71	75
17:30	80	74	76	03:15	73	70	70
17:45	79	71	73	03:30	71	68	73
18:00	77	71	80	03:45	72	69	72
18:15	82	70	80	04:00	74	73	71
18:30	82	77	82	04:15	71	70	69
18:45	78	74	82	04:30	69	66	73
19:00	77	76	81	04:45	69	66	75
19:15	79	76	79	05:00	67	65	72
19:30	80	78	77	05:15	67	66	69
19:45	80	76	78	05:30	69	66	69
20:00	83	72	77	05:45	77	71	73
20:15	81	72	75	06:00	70	73	75
20:30	82	74	76				

Tabelle B-75: Kuh Nr. 8, Gruppe B6: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	18.06.11	19.06.11	21.06.11	Uhrzeit	18.06.11	19.06.11	21.06.11
11:00	80	87	75	20:45	93	87	100
11:15	83	92	73	21:00	95	88	97
11:30	97	112	74	21:15	92	86	105
11:45	97	108	77	21:30	92	84	108
12:00	89	80	76	21:45	93	92	105
12:15	88	77	77	22:00	92	104	96
12:30	90	82	84	22:15	94	99	96
12:45	93	82	88	22:30	103	98	99
13:00	92	80	89	22:45	97	95	95
13:15	87	96	92	23:00	93	95	91
13:30	89	91	92	23:15	95	100	102
13:45	82	95	88	23:30	97	95	100
14:00	85	92	85	23:45	103	92	98
14:15	87	93	86	00:00	95	87	97
14:30	87	90	88	00:15	91	85	99
14:45	85	86	92	00:30	89	84	93
15:00	87	92	93	00:45	90	87	95
15:15	85	94	89	01:00	83	96	93
15:30	84	91	85	01:15	83	92	93
15:45	80	92	87	01:30	89	85	91
16:00	77	90	81	01:45	86	86	90
16:15	86	88	83	02:00	88	84	85
16:30	94	88	84	02:15	92	89	90
16:45	84	90	90	02:30	91	90	106
17:00	84	89	83	02:45	88	88	97
17:15	91	97	86	03:00	91	87	92
17:30	89	91	82	03:15	92	88	89
17:45	95	93	88	03:30	86	88	89
18:00	87	86	83	03:45	85	93	92
18:15	85	83	79	04:00	88	86	80
18:30	89	89	78	04:15	88	85	80
18:45	99	97	79	04:30	83	87	81
19:00	100	102	80	04:45	86	96	80
19:15	100	101	86	05:00	107	99	83
19:30	92	97	86	05:15	104	94	85
19:45	93	93	90	05:30	100	91	78
20:00	99	95	92	05:45	97	89	80
20:15	96	89	91	06:00	96	86	80
20:30	96	89	95				

Tabelle B-76: Kuh Nr. 18, Gruppe B6: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	19.07.11	20.07.11	21.07.11	Uhrzeit	19.07.11	20.07.11	21.07.11
11:00	70	76	71	20:45	84	83	76
11:15	81	73	74	21:00	76	81	79
11:30	81	75	70	21:15	79	80	84
11:45	78	74	70	21:30	78	81	77
12:00	76	74	69	21:45	89	74	74
12:15	79	73	73	22:00	83	74	74
12:30	75	73	73	22:15	82	74	76
12:45	77	73	87	22:30	83	72	77
13:00	84	82	79	22:45	91	74	89
13:15	79	81	82	23:00	85	74	77
13:30	78	79	80	23:15	81	75	78
13:45	76	78	88	23:30	78	85	76
14:00	73	79	80	23:45	80	81	77
14:15	75	75	76	00:00	80	79	74
14:30	74	74	76	00:15	80	76	73
14:45	72	72	82	00:30	94	75	71
15:00	78	72	76	00:45	78	74	76
15:15	81	71	80	01:00	80	75	73
15:30	80	71	75	01:15	79	74	86
15:45	77	71	73	01:30	78	78	83
16:00	77	80	74	01:45	77	86	80
16:15	81	82	87	02:00	84	82	83
16:30	83	80	83	02:15	86	82	77
16:45	76	80	77	02:30	84	78	75
17:00	84	73	83	02:45	82	75	76
17:15	83	81	85	03:00	85	73	76
17:30	79	80	84	03:15	80	75	73
17:45	81	79	88	03:30	79	79	81
18:00	84	85	85	03:45	79	85	74
18:15	84	80	84	04:00	80	79	71
18:30	87	81	84	04:15	87	76	70
18:45	80	79	85	04:30	78	76	71
19:00	80	82	83	04:45	75	78	68
19:15	83	84	84	05:00	77	81	82
19:30	88	79	86	05:15	84	81	81
19:45	87	80	80	05:30	85	79	80
20:00	85	77	79	05:45	84	77	80
20:15	83	76	78	06:00	84	79	79
20:30	83	83	78				

Tabelle B-77: Kuh Nr. 29, Gruppe B6: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	11.09.11	12.09.11	13.09.11	Uhrzeit	11.09.11	12.09.11	13.09.11
11:00	73	73	75	20:45	77	91	81
11:15	78	72	78	21:00	82	83	80
11:30	80	74	76	21:15	81	76	75
11:45	81	73	75	21:30	80	76	74
12:00	73	69	75	21:45	77	74	73
12:15	73	70	78	22:00	78	74	74
12:30	73	69	79	22:15	68	72	74
12:45	77	70	78	22:30	70	75	73
13:00	90	72	77	22:45	69	77	75
13:15	83	75	74	23:00	74	69	75
13:30	83	73	77	23:15	82	69	70
13:45	82	67	74	23:30	79	71	71
14:00	83	72	74	23:45	74	72	74
14:15	84	66	69	00:00	69	67	72
14:30	82	70	77	00:15	78	67	72
14:45	88	72	77	00:30	85	63	63
15:00	88	72	81	00:45	81	65	64
15:15	78	73	83	01:00	80	64	69
15:30	84	67	81	01:15	78	68	70
15:45	81	76	80	01:30	79	72	70
16:00	82	80	79	01:45	75	69	65
16:15	80	79	82	02:00	71	68	64
16:30	84	84	79	02:15	71	66	63
16:45	80	78	76	02:30	71	65	64
17:00	83	82	76	02:45	81	65	62
17:15	83	100	88	03:00	74	66	66
17:30	82	94	84	03:15	74	66	63
17:45	84	88	83	03:30	75	65	65
18:00	81	81	81	03:45	77	66	68
18:15	81	75	76	04:00	84	64	67
18:30	85	70	75	04:15	73	66	63
18:45	82	77	76	04:30	71	63	62
19:00	80	83	83	04:45	80	61	66
19:15	79	81	73	05:00	74	89	65
19:30	75	80	70	05:15	70	77	65
19:45	74	77	71	05:30	75	72	66
20:00	74	83	69	05:45	74	73	69
20:15	75	81	74	06:00	77	75	74
20:30	73	84	75				

Tabelle B-78: Kuh Nr. 45, Gruppe B6: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	18.11.11	19.11.11	20.11.11	Uhrzeit	18.11.11	19.11.11	20.11.11
11:00	77	79	75	20:45	88	82	79
11:15	79	81	74	21:00	86	82	79
11:30	84	83	73	21:15	88	83	79
11:45	82	83	75	21:30	85	79	87
12:00	83	84	76	21:45	85	78	86
12:15	86	85	81	22:00	88	79	83
12:30	87	83	85	22:15	90	79	83
12:45	84	82	87	22:30	79	87	81
13:00	86	83	78	22:45	82	85	77
13:15	87	81	78	23:00	80	85	82
13:30	88	80	85	23:15	78	84	81
13:45	83	80	87	23:30	82	85	79
14:00	83	78	87	23:45	85	85	80
14:15	87	78	87	00:00	84	82	82
14:30	85	80	87	00:15	84	77	85
14:45	76	80	90	00:30	84	76	83
15:00	79	83	89	00:45	82	80	84
15:15	78	84	88	01:00	84	81	84
15:30	80	80	88	01:15	83	78	82
15:45	80	77	81	01:30	79	84	77
16:00	77	76	81	01:45	79	78	76
16:15	79	74	83	02:00	78	80	76
16:30	80	79	87	02:15	81	78	79
16:45	80	79	92	02:30	80	77	80
17:00	81	83	91	02:45	76	79	76
17:15	84	87	92	03:00	80	77	76
17:30	87	86	92	03:15	76	74	75
17:45	86	87	85	03:30	78	78	72
18:00	85	77	87	03:45	78	76	69
18:15	82	79	92	04:00	71	75	70
18:30	82	80	89	04:15	71	76	68
18:45	87	81	83	04:30	74	80	71
19:00	81	81	81	04:45	77	78	75
19:15	82	87	82	05:00	73	73	76
19:30	85	81	84	05:15	70	73	73
19:45	83	82	86	05:30	71	76	75
20:00	84	85	87	05:45	74	80	79
20:15	83	80	83	06:00	78	80	80
20:30	85	80	82				

Tabelle B-79: Kuh Nr. 55, Gruppe B6: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	18.12.11	21.12.11	22.12.11	Uhrzeit	18.12.11	21.12.11	22.12.11
11:00	97	95	81	20:45	95	98	88
11:15	97	89	90	21:00	99	101	90
11:30	96	85	93	21:15	96	93	90
11:45	93	86	94	21:30	99	94	91
12:00	87	100	93	21:45	97	98	95
12:15	90	86	86	22:00	86	99	95
12:30	97	82	93	22:15	87	100	97
12:45	98	87	89	22:30	115	103	93
13:00	96	96	83	22:45	124	104	91
13:15	101	94	91	23:00	98	96	96
13:30	97	93	93	23:15	84	89	94
13:45	99	87	95	23:30	91	89	87
14:00	100	86	95	23:45	94	87	84
14:15	97	87	90	00:00	97	98	86
14:30	94	86	84	00:15	92	96	92
14:45	95	85	84	00:30	98	89	86
15:00	97	82	83	00:45	90	89	88
15:15	100	85	83	01:00	82	87	89
15:30	98	90	94	01:15	90	95	83
15:45	101	94	93	01:30	90	81	94
16:00	99	90	94	01:45	84	84	94
16:15	95	87	87	02:00	89	91	92
16:30	97	89	88	02:15	86	91	90
16:45	98	86	89	02:30	88	84	90
17:00	94	87	93	02:45	80	84	92
17:15	92	83	90	03:00	84	88	94
17:30	93	84	92	03:15	88	79	92
17:45	93	84	97	03:30	87	82	89
18:00	101	89	102	03:45	82	81	83
18:15	96	96	99	04:00	81	82	84
18:30	100	97	100	04:15	79	82	88
18:45	97	99	98	04:30	79	88	88
19:00	103	92	90	04:45	92	93	90
19:15	147	87	94	05:00	86	86	86
19:30	99	89	93	05:15	81	84	83
19:45	110	89	90	05:30	83	83	85
20:00	92	88	99	05:45	88	83	87
20:15	91	98	98	06:00	91	89	91
20:30	95	96	97				

Tabelle B-80: Kuh Nr. 64, Gruppe B6: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	17.01.12	18.01.12	19.01.12	Uhrzeit	17.01.12	18.01.12	19.01.12
11:00	73	91	74	20:45	96	91	92
11:15	89	97	73	21:00	94	90	93
11:30	92	99	71	21:15	88	90	93
11:45	87	90	74	21:30	87	92	98
12:00	85	87	75	21:45	86	94	96
12:15	88	85	80	22:00	83	94	101
12:30	93	86	89	22:15	85	92	101
12:45	91	85	91	22:30	84	88	98
13:00	82	88	92	22:45	85	89	93
13:15	81	93	91	23:00	84	89	91
13:30	81	98	94	23:15	83	89	88
13:45	77	107	94	23:30	81	96	90
14:00	78	98	87	23:45	92	100	90
14:15	79	90	90	00:00	95	92	93
14:30	80	90	86	00:15	94	86	93
14:45	90	90	84	00:30	87	87	93
15:00	86	93	84	00:45	86	85	94
15:15	84	83	86	01:00	83	85	96
15:30	78	90	97	01:15	83	84	89
15:45	81	89	97	01:30	87	86	85
16:00	79	82	89	01:45	77	81	85
16:15	79	86	92	02:00	79	85	91
16:30	86	92	100	02:15	79	84	88
16:45	92	98	110	02:30	77	86	84
17:00	95	102	106	02:45	74	77	81
17:15	95	104	103	03:00	81	77	80
17:30	93	93	102	03:15	84	76	77
17:45	82	94	106	03:30	84	78	83
18:00	85	98	104	03:45	81	81	78
18:15	82	97	115	04:00	79	81	77
18:30	83	88	112	04:15	76	84	77
18:45	81	91	99	04:30	77	86	85
19:00	84	92	102	04:45	75	85	84
19:15	88	97	100	05:00	75	78	82
19:30	98	101	100	05:15	79	80	80
19:45	103	101	106	05:30	75	76	79
20:00	100	98	108	05:45	74	83	79
20:15	99	94	95	06:00	77	85	83
20:30	99	89	93				

Tabelle B-81: Kuh Nr. 74, Gruppe B6: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	19.06.11	20.06.11	21.06.11	Uhrzeit	19.06.11	20.06.11	21.06.11
11:00	91	86	77	20:45	91	94	92
11:15	92	83	88	21:00	87	86	91
11:30	86	80	76	21:15	88	84	93
11:45	81	79	80	21:30	86	87	90
12:00	81	85	85	21:45	86	84	88
12:15	80	85	86	22:00	87	82	86
12:30	75	82	84	22:15	86	83	86
12:45	79	96	84	22:30	98	85	86
13:00	86	89	79	22:45	98	85	84
13:15	90	87	77	23:00	97	84	85
13:30	89	90	76	23:15	95	82	84
13:45	88	85	83	23:30	94	81	83
14:00	85	86	82	23:45	89	79	86
14:15	88	85	77	00:00	84	85	85
14:30	84	86	77	00:15	90	84	87
14:45	80	86	82	00:30	93	95	96
15:00	86	87	82	00:45	89	95	91
15:15	86	88	77	01:00	95	93	90
15:30	84	92	82	01:15	95	89	89
15:45	86	90	77	01:30	96	90	88
16:00	82	92	75	01:45	89	81	87
16:15	86	89	82	02:00	88	80	83
16:30	83	85	77	02:15	98	78	84
16:45	84	80	78	02:30	89	87	78
17:00	88	92	78	02:45	83	91	80
17:15	90	88	79	03:00	84	85	81
17:30	91	86	85	03:15	87	78	80
17:45	86	85	89	03:30	96	83	77
18:00	79	90	88	03:45	92	79	77
18:15	81	92	85	04:00	88	81	78
18:30	89	91	80	04:15	82	77	88
18:45	90	89	85	04:30	93	77	84
19:00	90	92	87	04:45	88	76	76
19:15	90	94	87	05:00	83	75	78
19:30	89	92	86	05:15	86	86	77
19:45	82	89	81	05:30	83	78	78
20:00	83	81	83	05:45	86	76	78
20:15	80	81	91	06:00	80	81	74
20:30	93	83	88				

Tabelle B-82: Kuh Nr. 90, Gruppe B6: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	17.01.12	18.01.12	19.01.12	Uhrzeit	17.01.12	18.01.12	19.01.12
11:00	86	77	89	20:45	95	86	94
11:15	81	88	88	21:00	85	85	95
11:30	78	91	85	21:15	96	88	95
11:45	78	90	79	21:30	93	87	88
12:00	80	96	83	21:45	96	87	87
12:15	81	94	78	22:00	84	87	84
12:30	81	90	77	22:15	86	82	84
12:45	86	83	78	22:30	89	84	84
13:00	97	85	82	22:45	87	83	82
13:15	91	93	84	23:00	85	82	80
13:30	95	84	79	23:15	84	81	86
13:45	91	85	77	23:30	85	82	90
14:00	89	90	81	23:45	85	80	93
14:15	91	92	80	00:00	87	81	86
14:30	88	87	78	00:15	94	80	84
14:45	87	85	87	00:30	91	90	83
15:00	83	83	99	00:45	95	90	85
15:15	82	88	94	01:00	91	90	85
15:30	82	89	89	01:15	87	88	93
15:45	88	90	85	01:30	85	88	89
16:00	82	83	83	01:45	83	86	86
16:15	81	84	87	02:00	83	83	80
16:30	84	87	88	02:15	86	86	83
16:45	87	87	96	02:30	80	80	85
17:00	93	93	92	02:45	86	78	93
17:15	93	97	86	03:00	80	79	87
17:30	92	93	85	03:15	79	81	83
17:45	93	90	88	03:30	82	81	83
18:00	97	95	93	03:45	85	79	81
18:15	93	97	93	04:00	81	81	80
18:30	89	98	94	04:15	79	81	79
18:45	92	92	91	04:30	80	79	77
19:00	94	86	87	04:45	79	77	85
19:15	96	86	87	05:00	80	76	79
19:30	95	92	87	05:15	80	77	79
19:45	92	96	85	05:30	74	76	85
20:00	89	91	85	05:45	76	79	88
20:15	88	84	84	06:00	86	85	86
20:30	100	87	88				

Tabelle B-83: Kuh Nr. 100, Gruppe B6: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	24.09.11	25.09.11	26.09.11	Uhrzeit	24.09.11	25.09.11	26.09.11
11:00	66	76	70	20:45	79	92	94
11:15	69	86	67	21:00	82	84	90
11:30	71	83	67	21:15	78	81	89
11:45	65	84	65	21:30	77	75	90
12:00	69	78	71	21:45	75	74	75
12:15	68	82	69	22:00	76	73	72
12:30	66	78	78	22:15	75	74	75
12:45	68	75	84	22:30	80	73	75
13:00	68	75	84	22:45	77	72	75
13:15	64	78	82	23:00	75	74	75
13:30	75	75	83	23:15	72	72	74
13:45	76	72	79	23:30	73	74	74
14:00	68	71	77	23:45	73	72	74
14:15	76	76	79	00:00	78	76	82
14:30	78	80	79	00:15	81	82	77
14:45	75	74	77	00:30	81	77	75
15:00	65	76	77	00:45	72	75	71
15:15	69	76	77	01:00	75	72	71
15:30	75	74	78	01:15	73	74	75
15:45	76	74	82	01:30	69	67	78
16:00	75	70	73	01:45	67	65	79
16:15	79	79	80	02:00	71	67	72
16:30	84	77	82	02:15	80	71	69
16:45	86	77	78	02:30	73	68	71
17:00	86	76	73	02:45	75	69	70
17:15	90	81	74	03:00	72	76	70
17:30	93	81	85	03:15	67	76	65
17:45	93	86	87	03:30	68	69	68
18:00	88	88	87	03:45	68	69	64
18:15	81	89	87	04:00	70	68	67
18:30	78	86	83	04:15	70	67	71
18:45	77	78	72	04:30	74	64	71
19:00	78	77	72	04:45	75	69	76
19:15	79	73	80	05:00	69	63	74
19:30	77	72	81	05:15	72	67	67
19:45	85	77	82	05:30	79	73	80
20:00	87	77	81	05:45	79	69	75
20:15	90	77	86	06:00	68	71	67
20:30	87	80	87				

Tabelle B-84: Kuh Nr. 109, Gruppe B6: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	07.10.11	08.10.11	09.10.11	Uhrzeit	07.10.11	08.10.11	09.10.11
11:00	70	70	71	20:45	87	77	79
11:15	68	68	73	21:00	83	84	74
11:30	66	69	69	21:15	80	84	76
11:45	67	69	69	21:30	76	80	76
12:00	77	70	66	21:45	78	75	75
12:15	71	74	66	22:00	77	72	74
12:30	69	83	70	22:15	74	71	77
12:45	67	78	71	22:30	76	71	78
13:00	67	69	73	22:45	75	71	80
13:15	63	63	71	23:00	69	69	80
13:30	64	67	67	23:15	71	72	80
13:45	63	67	67	23:30	71	73	81
14:00	66	67	71	23:45	76	81	80
14:15	66	71	71	00:00	83	82	74
14:30	66	76	75	00:15	80	79	74
14:45	62	74	74	00:30	76	77	74
15:00	64	73	73	00:45	77	77	72
15:15	73	69	71	01:00	80	80	72
15:30	72	68	70	01:15	73	73	71
15:45	64	66	72	01:30	73	66	73
16:00	63	68	70	01:45	75	70	74
16:15	64	75	68	02:00	72	75	80
16:30	66	81	69	02:15	71	76	79
16:45	71	86	75	02:30	72	67	75
17:00	73	88	73	02:45	70	62	73
17:15	74	90	66	03:00	66	67	73
17:30	73	77	64	03:15	69	67	75
17:45	76	74	65	03:30	71	66	75
18:00	80	72	66	03:45	69	68	69
18:15	77	74	65	04:00	84	68	72
18:30	79	75	77	04:15	69	66	77
18:45	79	85	76	04:30	72	72	75
19:00	74	86	76	04:45	70	70	72
19:15	73	87	80	05:00	68	68	70
19:30	73	83	80	05:15	72	68	69
19:45	73	80	80	05:30	77	70	68
20:00	72	76	77	05:45	77	77	70
20:15	69	77	78	06:00	75	75	73
20:30	83	75	80				

Tabelle B-85: Kuh Nr. 9, Gruppe B7: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	04.07.11	05.07.11	07.07.11	Uhrzeit	04.07.11	05.07.11	07.07.11
11:00	72	80	72	20:45	88	101	83
11:15	79	87	72	21:00	87	102	85
11:30	79	79	74	21:15	88	101	86
11:45	78	79	75	21:30	92	100	95
12:00	73	82	75	21:45	88	96	93
12:15	73	84	72	22:00	90	89	85
12:30	73	80	73	22:15	91	86	82
12:45	78	104	75	22:30	92	87	84
13:00	79	113	79	22:45	91	102	79
13:15	75	114	91	23:00	87	95	90
13:30	72	106	97	23:15	86	96	95
13:45	75	90	99	23:30	82	94	93
14:00	75	87	93	23:45	84	81	96
14:15	75	98	81	00:00	92	80	98
14:30	72	107	81	00:15	90	79	94
14:45	72	103	82	00:30	92	82	94
15:00	86	86	85	00:45	92	77	92
15:15	94	78	111	01:00	94	76	93
15:30	94	79	103	01:15	93	91	87
15:45	90	100	91	01:30	88	97	84
16:00	82	97	80	01:45	87	97	77
16:15	86	98	80	02:00	93	84	74
16:30	93	94	83	02:15	96	83	74
16:45	86	88	93	02:30	90	93	88
17:00	88	89	90	02:45	88	87	86
17:15	95	78	92	03:00	83	85	82
17:30	80	77	88	03:15	90	84	76
17:45	82	77	79	03:30	90	86	72
18:00	82	77	77	03:45	85	86	72
18:15	83	82	81	04:00	83	76	87
18:30	88	72	93	04:15	80	73	70
18:45	89	73	91	04:30	81	77	67
19:00	89	72	90	04:45	81	80	69
19:15	84	72	90	05:00	79	75	72
19:30	83	83	92	05:15	85	77	70
19:45	84	94	94	05:30	79	81	70
20:00	85	102	101	05:45	76	84	79
20:15	90	100	97	06:00	82	84	86
20:30	95	97	95				

Tabelle B-86: Kuh Nr. 19, Gruppe B7: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	01.08.11	02.08.11	03.08.11	Uhrzeit	01.08.11	02.08.11	03.08.11
11:00	78	82	81	20:45	86	81	80
11:15	80	79	81	21:00	85	84	82
11:30	76	83	83	21:15	88	82	86
11:45	79	82	82	21:30	80	80	79
12:00	81	80	81	21:45	80	77	79
12:15	80	82	82	22:00	80	77	79
12:30	89	85	84	22:15	78	74	79
12:45	87	90	83	22:30	80	76	85
13:00	89	98	92	22:45	83	74	81
13:15	90	90	97	23:00	81	76	79
13:30	92	85	93	23:15	81	73	78
13:45	90	85	92	23:30	86	74	87
14:00	81	85	92	23:45	90	74	88
14:15	80	90	89	00:00	88	84	85
14:30	79	89	86	00:15	83	79	86
14:45	80	81	89	00:30	81	80	92
15:00	91	80	88	00:45	83	79	89
15:15	87	80	82	01:00	86	79	87
15:30	87	80	83	01:15	78	78	80
15:45	82	91	84	01:30	80	74	85
16:00	85	85	86	01:45	83	71	78
16:15	93	86	92	02:00	88	71	79
16:30	85	83	95	02:15	88	69	80
16:45	87	86	91	02:30	82	71	81
17:00	93	88	91	02:45	83	71	82
17:15	84	87	93	03:00	78	70	75
17:30	94	90	92	03:15	81	73	78
17:45	92	85	91	03:30	78	71	80
18:00	84	86	80	03:45	79	72	88
18:15	92	89	82	04:00	79	69	88
18:30	85	90	89	04:15	85	74	83
18:45	87	85	88	04:30	84	72	80
19:00	89	87	90	04:45	80	78	85
19:15	83	84	86	05:00	86	79	79
19:30	83	87	88	05:15	81	86	87
19:45	85	81	92	05:30	80	87	90
20:00	86	85	92	05:45	79	83	89
20:15	86	86	87	06:00	76	86	88
20:30	83	82	82				

Tabelle B-87: Kuh Nr. 30, Gruppe B7: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	24.09.11	25.09.11	26.09.11	Uhrzeit	24.09.11	25.09.11	26.09.11
11:00	76	70	69	20:45	76	80	72
11:15	73	76	71	21:00	74	74	69
11:30	70	78	70	21:15	77	76	69
11:45	74	75	70	21:30	82	81	78
12:00	75	76	69	21:45	78	86	77
12:15	76	76	69	22:00	82	83	80
12:30	74	77	76	22:15	80	79	80
12:45	73	73	78	22:30	80	77	78
13:00	69	73	78	22:45	80	77	73
13:15	73	73	79	23:00	80	79	76
13:30	78	70	79	23:15	79	75	70
13:45	76	73	80	23:30	76	77	68
14:00	79	71	75	23:45	77	80	73
14:15	78	74	78	00:00	77	77	80
14:30	80	83	76	00:15	82	77	79
14:45	82	77	76	00:30	81	74	78
15:00	75	76	76	00:45	73	77	77
15:15	79	76	77	01:00	69	77	75
15:30	79	76	75	01:15	76	75	76
15:45	78	79	78	01:30	76	75	79
16:00	77	77	75	01:45	74	77	80
16:15	80	74	75	02:00	75	74	72
16:30	84	78	78	02:15	75	77	72
16:45	83	84	78	02:30	77	76	79
17:00	80	81	71	02:45	71	75	75
17:15	81	80	73	03:00	72	74	74
17:30	82	81	81	03:15	74	73	76
17:45	80	86	79	03:30	72	71	76
18:00	81	80	80	03:45	72	71	75
18:15	79	78	83	04:00	70	73	73
18:30	77	87	81	04:15	76	75	74
18:45	77	84	78	04:30	75	72	78
19:00	80	83	78	04:45	71	75	81
19:15	83	85	76	05:00	70	72	73
19:30	83	87	73	05:15	71	72	72
19:45	83	80	75	05:30	74	78	76
20:00	77	81	76	05:45	75	73	80
20:15	78	82	74	06:00	71	70	82
20:30	77	81	71				

Tabelle B-88: Kuh Nr. 46, Gruppe B7: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	04.12.11	05.12.11	06.12.11	Uhrzeit	04.12.11	05.12.11	06.12.11
11:00	81	88	85	20:45	79	88	85
11:15	84	85	86	21:00	83	98	87
11:30	75	85	83	21:15	83	89	88
11:45	76	88	88	21:30	88	90	87
12:00	83	84	92	21:45	87	88	85
12:15	84	86	81	22:00	85	91	84
12:30	83	79	78	22:15	81	83	86
12:45	80	80	77	22:30	82	86	92
13:00	82	81	77	22:45	88	90	93
13:15	86	83	76	23:00	84	92	88
13:30	87	86	77	23:15	87	92	86
13:45	82	86	76	23:30	87	92	87
14:00	79	89	79	23:45	85	93	89
14:15	82	82	81	00:00	80	83	89
14:30	82	84	82	00:15	79	84	83
14:45	84	80	89	00:30	77	87	84
15:00	92	79	90	00:45	78	92	87
15:15	90	76	89	01:00	80	86	86
15:30	86	76	92	01:15	80	80	81
15:45	89	77	86	01:30	80	79	82
16:00	95	79	85	01:45	88	78	81
16:15	86	81	84	02:00	85	76	83
16:30	88	78	89	02:15	81	75	86
16:45	88	84	92	02:30	76	79	84
17:00	92	89	95	02:45	80	84	77
17:15	84	92	89	03:00	79	89	75
17:30	86	91	93	03:15	71	88	82
17:45	92	89	95	03:30	74	82	81
18:00	92	85	99	03:45	76	85	81
18:15	87	84	89	04:00	77	83	79
18:30	87	86	89	04:15	77	81	79
18:45	83	90	93	04:30	75	74	76
19:00	83	91	97	04:45	76	75	78
19:15	85	93	91	05:00	77	78	80
19:30	82	89	96	05:15	75	76	77
19:45	86	86	99	05:30	74	76	78
20:00	84	85	93	05:45	77	78	84
20:15	83	83	88	06:00	85	81	89
20:30	82	90	90				

Tabelle B-89: Kuh Nr. 56, Gruppe B7: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	03.01.12	04.01.12	05.01.12	Uhrzeit	03.01.12	04.01.12	05.01.12
11:00	94	87	94	20:45	97	93	96
11:15	89	90	98	21:00	95	93	96
11:30	98	93	95	21:15	99	90	92
11:45	86	83	89	21:30	99	97	96
12:00	91	86	86	21:45	91	90	93
12:15	95	86	84	22:00	85	87	98
12:30	92	89	86	22:15	86	89	94
12:45	86	82	95	22:30	85	88	91
13:00	87	81	95	22:45	88	94	94
13:15	83	86	97	23:00	97	98	94
13:30	87	89	84	23:15	93	97	97
13:45	88	93	100	23:30	93	95	101
14:00	89	93	95	23:45	96	97	98
14:15	87	92	101	00:00	91	88	98
14:30	90	95	96	00:15	94	91	95
14:45	94	89	89	00:30	90	90	93
15:00	97	86	94	00:45	85	86	93
15:15	95	85	95	01:00	96	87	96
15:30	98	89	97	01:15	97	86	96
15:45	100	93	99	01:30	81	86	96
16:00	90	93	93	01:45	86	86	92
16:15	89	92	91	02:00	88	89	92
16:30	93	93	96	02:15	91	94	93
16:45	92	96	98	02:30	100	90	92
17:00	93	97	98	02:45	90	83	91
17:15	93	95	94	03:00	96	90	91
17:30	87	93	99	03:15	82	89	92
17:45	81	89	97	03:30	85	87	91
18:00	94	97	98	03:45	85	92	96
18:15	97	93	93	04:00	85	92	90
18:30	97	88	95	04:15	89	93	87
18:45	97	93	99	04:30	89	91	88
19:00	85	96	97	04:45	90	94	92
19:15	88	92	93	05:00	83	91	85
19:30	89	99	91	05:15	87	86	86
19:45	91	102	91	05:30	87	87	89
20:00	88	101	94	05:45	91	90	92
20:15	90	101	98	06:00	87	91	94
20:30	100	91	97				

Tabelle B-90: Kuh Nr. 65, Gruppe B7: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	29.01.12	30.01.12	31.01.12	Uhrzeit	29.01.12	30.01.12	31.01.12
11:00	78	77	74	20:45	90	89	90
11:15	78	87	78	21:00	89	89	96
11:30	80	89	83	21:15	95	87	101
11:45	77	82	77	21:30	97	94	88
12:00	86	86	76	21:45	100	96	88
12:15	92	89	79	22:00	97	97	85
12:30	92	84	74	22:15	92	99	84
12:45	96	81	73	22:30	84	97	81
13:00	91	90	75	22:45	89	88	83
13:15	88	97	79	23:00	84	88	83
13:30	84	98	86	23:15	86	87	84
13:45	79	92	87	23:30	87	84	85
14:00	80	88	91	23:45	89	84	86
14:15	81	84	90	00:00	94	84	85
14:30	83	84	84	00:15	87	83	87
14:45	81	83	89	00:30	90	81	90
15:00	92	88	82	00:45	90	81	82
15:15	92	100	81	01:00	89	78	79
15:30	88	98	80	01:15	86	79	80
15:45	89	95	86	01:30	83	78	79
16:00	83	96	81	01:45	85	80	78
16:15	84	88	83	02:00	84	79	76
16:30	95	99	81	02:15	90	80	75
16:45	98	102	89	02:30	83	79	77
17:00	101	101	83	02:45	79	77	79
17:15	95	92	88	03:00	80	85	80
17:30	93	95	77	03:15	82	77	79
17:45	100	99	92	03:30	82	77	82
18:00	102	100	93	03:45	81	79	79
18:15	102	96	104	04:00	76	80	79
18:30	97	100	87	04:15	80	80	75
18:45	95	96	89	04:30	84	83	75
19:00	92	94	91	04:45	81	81	77
19:15	98	94	97	05:00	77	74	72
19:30	91	96	131	05:15	76	74	71
19:45	87	96	105	05:30	76	80	75
20:00	89	90	99	05:45	83	82	72
20:15	89	92	96	06:00	79	81	74
20:30	89	92	89				

Tabelle B-91: Kuh Nr. 75, Gruppe B7: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	04.07.11	05.07.11	07.07.11	Uhrzeit	04.07.11	05.07.11	07.07.11
11:00	81	95	81	20:45	82	87	97
11:15	85	102	83	21:00	84	86	106
11:30	93	92	87	21:15	81	88	103
11:45	88	84	83	21:30	80	85	88
12:00	91	85	93	21:45	83	95	96
12:15	91	93	98	22:00	81	96	88
12:30	79	96	97	22:15	82	91	92
12:45	77	93	97	22:30	81	91	99
13:00	80	93	97	22:45	84	87	91
13:15	80	90	91	23:00	92	83	84
13:30	91	84	92	23:15	93	81	83
13:45	83	81	96	23:30	91	80	93
14:00	82	79	92	23:45	91	79	95
14:15	87	85	83	00:00	88	87	94
14:30	86	90	83	00:15	79	85	85
14:45	89	98	81	00:30	80	87	81
15:00	82	99	82	00:45	80	87	89
15:15	82	90	91	01:00	78	79	97
15:30	81	89	93	01:15	83	78	89
15:45	82	93	90	01:30	90	78	89
16:00	87	95	89	01:45	89	87	88
16:15	93	92	89	02:00	82	83	89
16:30	92	92	87	02:15	82	76	83
16:45	87	94	85	02:30	77	82	81
17:00	93	91	84	02:45	80	90	79
17:15	95	95	87	03:00	84	88	79
17:30	83	90	88	03:15	85	83	79
17:45	79	92	90	03:30	76	78	89
18:00	78	91	86	03:45	76	79	79
18:15	83	91	89	04:00	78	77	83
18:30	87	88	88	04:15	78	76	79
18:45	89	88	90	04:30	87	79	83
19:00	87	93	95	04:45	75	84	84
19:15	86	93	94	05:00	77	81	85
19:30	84	83	100	05:15	79	80	84
19:45	85	83	99	05:30	80	84	80
20:00	87	83	93	05:45	84	76	79
20:15	79	92	94	06:00	84	77	79
20:30	83	92	88				

Tabelle B-92: Kuh Nr. 91, Gruppe B7: Herzfrequenz-Messung (Schläge/min), reduzierter Datensatz, Kernzeit

Uhrzeit	29.01.12	30.01.12	01.02.12	Uhrzeit	29.01.12	30.01.12	01.02.12
11:00	72	70	86	20:45	84	94	86
11:15	74	70	85	21:00	87	94	91
11:30	72	72	76	21:15	90	91	90
11:45	74	74	73	21:30	89	80	90
12:00	83	83	76	21:45	89	83	89
12:15	85	86	76	22:00	84	82	90
12:30	86	88	73	22:15	81	82	83
12:45	82	88	75	22:30	79	79	82
13:00	76	83	76	22:45	80	82	81
13:15	76	81	75	23:00	78	93	79
13:30	79	81	77	23:15	78	92	80
13:45	77	76	85	23:30	76	89	78
14:00	76	77	92	23:45	77	84	82
14:15	78	79	89	00:00	83	90	79
14:30	77	87	84	00:15	86	91	82
14:45	86	92	80	00:30	87	87	81
15:00	85	89	80	00:45	85	86	89
15:15	80	88	82	01:00	80	99	91
15:30	77	80	82	01:15	83	96	90
15:45	81	86	87	01:30	79	81	88
16:00	76	83	81	01:45	78	82	79
16:15	78	84	79	02:00	76	85	77
16:30	86	92	82	02:15	81	85	89
16:45	87	90	93	02:30	74	82	87
17:00	90	89	98	02:45	75	78	76
17:15	77	85	97	03:00	74	87	78
17:30	84	86	95	03:15	74	79	78
17:45	86	87	96	03:30	74	78	75
18:00	86	90	93	03:45	76	77	77
18:15	91	84	98	04:00	76	81	78
18:30	94	82	85	04:15	71	88	79
18:45	92	83	85	04:30	72	84	76
19:00	84	82	84	04:45	81	90	75
19:15	83	82	82	05:00	69	85	71
19:30	84	83	87	05:15	71	79	71
19:45	81	78	95	05:30	68	81	70
20:00	83	80	96	05:45	72	83	73
20:15	84	83	90	06:00	79	91	78
20:30	84	91	87				